

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK EĞİTİMİ BİLİM DALI

BAZI MEKANİK KAVRAMLARI İLE İLGİLİ YANILGILARIN
GİDERİLMESİNDE DOĞRULAYICI LABORATUVAR
YAKLAŞIMLARI İLE SİMÜLASYON DESTEKLİ
DOĞRULAYICI LABORATUVAR YAKLAŞIMLARI ETKİSİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI

DOKTORA TEZİ

Hazırlayan
Çağlar GÜLÇİÇEK

Ankara-2009

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK EĞİTİMİ BİLİM DALI

BAZI MEKANİK KAVRAMLARI İLE İLGİLİ YANILGILARIN
GİDERİLMESİNDE DOĞRULAYICI LABORATUVAR YAKLAŞIMLARI
İLE SİMÜLASYON DESTEKLİ DOĞRULAYICI LABORATUVAR
YAKLAŞIMLARI ETKİSİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

DOKTORA TEZİ

Hazırlayan
Çağlar GÜLÇİÇEK

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Bilal GÜNEŞ

Ankara-2009

ÖNSÖZ

Öğrenciler sınıflara bilgi eksikliğine dayanan veya bilimsel olmayan kavramlarını da beraberinde getirir. Sınıflarda ve laboratuvarlarda yapılan testler veya gözlemlerin sonuçları ile öğrencilerin istenilen amaçlara ulaştığı konusunda öğretmenlerin varsayımları arasında tutarsızlık vardır. Çünkü öğrenciler örgün eğitime katılmadan çok daha önce fiziksel dünyaya ilişkin fikirler geliştirir, fen terminolojisi ile ilgili yorumlar yapar ve nesnelerin fonksiyonlarına ait ilişkilendirilebilir açıklamalarda bulunur. Bu fikir ve yorumlardan bilimsel gerçeklere aykırı olanlar literatürde genellikle kavram yanlışları olarak isimlendirilmektedir. Kavram yanlışları çeşitli nedenlere (günlük hayata kazanılan kişisel deneyimler, zihinsel modeller, gündelik konuşma dili) dayanır ve genellikle fen sınıflarında öğretilen bilimsel modellerin/teorilerin öğrenilmesini zorlaştırarak bilimsel fikirlerin öğrenciler tarafından özümlemesini engeller. Bu nedendir ki, fen eğitiminde son 20 yılda yapılan çalışmalar öğrencilerin kavram yanlışlarının belirlenmesine ve giderilmesine odaklanmıştır. Bu kapsamda araştırmanın amacı, deneysel aktivitelerin bilgisayar simülasyonları ile desteklenmesinin temel mekanik konusundaki kavram yanlışlarının giderilmesine etkisini araştırmaktır.

Araştırmanın birinci bölümünde, araştırmanın problem durumunu sunmak amacıyla, model, modelleme ve fen eğitiminde etkili bir modelleme yöntemi olan bilgisayar simülasyonları konularında kuramsal bir çerçeve oluşturulmuştur. Problem durumuna bağlı olarak, araştırmanın amacı, önemi, sınırlılıkları, varsayımları ve tanımlar belirtilmiştir.

İkinci bölümde, araştırmanın evrenine, örnekleme, araştırmanın modeline, veri toplama tekniklerine ve uygulama sürecine ilişkin bilgilere yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde, deney ve kontrol grupları ile yapılan uygulama sonucunda elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirilerek yorumlanmıştır.

Son bölümde ise, öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışlarına ve uygulanan öğretim yaklaşımlarına ilişkin sonuçlar ortaya konmuş ve bu çerçevede önerilerde bulunulmuştur.

Bu araştırma süresince, diğer konularda da olduğu gibi, yakın ilgi ve yardımını gördüğüm değerli hocam Prof. Dr. Bilal GÜNEŞ'e; katkılarından ve pozitif tutumlarından dolayı Prof. Dr. Rahmi YAĞBASAN ve Yrd. Doç. Dr. Nurdan KALAYCI'ya; yardımlarından dolayı Doç. Dr. Salih ATEŞ, Yrd. Doç. Dr. Ali ERYILMAZ, Uygur KANLI ve Vedat MERT'e; ders saatlerini uygulama amacıyla bana ayıran Yrd. Doç. Dr. Şebnem Kandil İNGEÇ'e ve Yrd. Doç. Dr. Mustafa KARADAĞ'a; diğer çalışma arkadaşlarıma ve araştırmanın bir parçası olan sevgili öğrencilerime içtenlikle teşekkür ediyor ve araştırmanın fen eğitime yönelik çalışmaların geliştirilmesine faydalı olmasını temenni ediyorum.

Ayrıca verdiği destekten ve yaptığı fedakârlıklarından dolayı nasıl teşekkür edeceğimi bilemediğim biricik eşim Nilgün'e; hal ve hareketleriyle tüm sıkıntılarımı unutturan oğlum Alp Başar'a sonsuz sevgilerimi sunuyorum.

Çağlar GÜLÇİÇEK

**BAZI MEKANİK KAVRAMLARI İLE İLGİLİ YANILGILARIN
GİDERİLMESİNDE DOĞRULAYICI LABORATUVAR YAKLAŞIMLARI
İLE SİMÜLASYON DESTEKLİ DOĞRULAYICI LABORATUVAR
YAKLAŞIMLARI ETKİSİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

GÜLÇİÇEK, Çağlar

Doktora, Fizik Eğitimi Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Bilal GÜNEŞ

Ocak, 2009

Özet

Bu araştırmada, geleneksel doğrulayıcı laboratuvar yaklaşımına göre yaptırılan temel fizik deneylerinin bilgisayar simülasyonları ile desteklenmesinin, öğrencilerin temel mekanik konusundaki kavram yanlışlarının giderilmesindeki rolü araştırılmıştır.

Araştırmanın birinci boyutunda, öğrencilerin kavram yanlışlarının açık bir şekilde belirlenebilmesi için üç aşamalı Temel Mekanik Kavram Testi (TMKT) hazırlanarak teste ilişkin istatistiksel analizlerin yapılabilmesi amacıyla 166 öğrenciyle ön uygulama yapılmıştır. Uygulama sonuçları kavram yanlışlığı ve başarı puanları açısından değerlendirilerek testin güvenilirliği ve geçerliği araştırılmıştır.

Araştırmanın ikinci boyutunda ise temel fizik deneylerini destekleyen simülasyonlar Interactive Physics programı ile geliştirilmiş ve bazı grafikler Modellus programı ile desteklenmiştir. Deney grubundaki öğrencilerin simülasyonları kolaylıkla kullanabilmeleri için her bir simülasyon için kılavuz hazırlanmış ve uygulama öncesi öğrencilere simülasyonun kullanımı ile ilgili hazırlık uygulaması yaptırılmıştır.

Asıl uygulama kapsamında Gazi Eğitim Fakültesi, İlköğretim Matematik Eğitimi Anabilim Dalı'nın A-B şubelerinde öğrenim gören ve 2006–2007 eğitim-öğretim yılının ilk yarısında temel fizik laboratuvar dersini alan toplam 93 birinci öğretim öğrencisi ile çalışılmıştır. Kontrol grubundaki 48 öğrenci ile sadece geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımına göre, deney grubundaki 45 öğrenciyle ise bilgisayar simülasyonlarıyla desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımına göre dört haftalık bir öğretim süreci yürütülmüştür. Uygulama öncesi ve sonrasında tüm öğrencilere ön test ve son test olarak üç aşamalı TMKT testi uygulanmıştır. Öğrencilerin ön test ve son test kavram yanlışlığı ve başarı puanları bağımlı ve bağımsız gruplar t-testi ile analiz edilerek 0,05 anlamlılık düzeyinde yorumlanmıştır. Ayrıca yanlış sebepli doğru cevaplar ve doğru sebepli yanlış cevaplar incelenerek yorumlanmıştır.

Araştırma sonuçlarına göre deney grubundaki öğrencilerin kavram yanlışlıklarında, kontrol grubuna kıyasla anlamlı bir azalma olmuştur. Fakat kavram yanlışlığı taksonomisindeki alt boyutlara göre yapılan analizler sonucunda bu anlamlı farklılığın sadece bazı boyutlar için geçerli olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Model, modelleme, bilgisayar simülasyonu, kavram yanlışlığı, mekanik.

**TO COMPARE OF THE EFFECTS OF VERIFICATION LABORATORY
APPROACH WITH SIMULATIONS AIDED VERIFICATION
LABORATORY APPROACH IN ELIMINATING THE MISCONCEPTIONS
CONCERNED SOME MECHANICS CONCEPTS**

GÜLÇİÇEK, Çağlar

Doctorate: Physics Education Department

Supervisor: Prof. Dr. Bilal GÜNEŞ

January, 2009

Abstract

In this study, the role of supporting basic physics experiments, performed in traditional verification laboratory approach, with computer simulations over eliminating misconceptions concerning basic mechanics.

In the first dimension of the study, a three-tire Basic Mechanics Conception Test (BMCT) was prepared to clearly determine students' misconceptions and pre-application was applied to 166 students to make statistical analysis regarding the test. Evaluating the application results in terms of misconception and score, reliability and validity of the test has been examined.

In the second dimension of the study, the simulations supporting the basic physics experiments were developed by the Interactive Physics program and some graphics are supported by the Modellus program. So as for the students within the experiment group to easily use the simulations, a guide for each simulation was prepared and students were made a preparation application about the use of the simulation performed.

Within the scope of the actual application, 93 normal education students from Gazi Faculty of Education, Primary School Mathematics Teaching Program's A-B sections and who were taking the basic physics laboratory lesson in the first half of

the educational year 2006-2007 were worked with. A four-week education period with the 48 students within the control group was performed only according to the traditional confirming laboratory approach whereas traditional confirming laboratory approach supported by computer simulations were performed with the 45 students within the experiment group. Before and after the application, all students were applied BMCT as prior test and final test. Students' prior test and final test misconceptions and scores, by being analyzed with dependent and independent groups' t-test, were evaluated in 0,05 meaningfulness level. Moreover, right answers with wrong reasons and wrong answers with right reasons were commented after being examined.

According to the study results, there was a significant decrease in the experiment group students' misconceptions compared to the control group. Nevertheless, as a result of the analysis made according to the sub dimensions within misconception taxonomy, it was determined that this significant difference was valid just in certain dimensions.

Key Words: Model, modeling, computer simulation, misconception, mechanics.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ.....	I
ÖZET.....	III
ABSTRACT.....	V
İÇİNDEKİLER.....	VII
TABLolar LİSTESİ.....	X
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	XIV
KISALTMALAR LİSTESİ.....	XVI
1. BÖLÜM.....	1
GİRİŞ.....	1
1.1. Problem Durumu.....	1
1.2. Model.....	4
1.3. Bilimsel Modeller.....	5
1.4. Modelleme Bileşenleri.....	8
1.5. Modelleme.....	11
1.6. Model Çeşitleri.....	16
1.7. Fen Eğitiminde Model ve Modelleme.....	19
1.8. Fen Eğitiminde Sıklıkla Kullanılan Bazı Modeller.....	29
1.8.1. Zihinsel Modeller.....	29
1.8.2. Kavramsal Modeller.....	33
1.8.3. Fizik ve Matematiksel Modeller.....	35
1.8.4. Analogik Modeller.....	36
1.8.5. Fiziksel Modeller.....	42
1.9. Bilgisayar Simülasyonları	43
1.9.1. Bilgisayar Simülasyonlarının Çeşitleri.....	45
1.9.2. Bilgisayar Simülasyonlarının Özellikleri ve Öğretimde Kullanılması.....	49
1.9.3. İlgili Araştırmalar.....	66

1.10. Araştırmanın Amacı.....	73
1.11. Araştırmanın Önemi.....	75
1.12. Varsayımlar.....	78
1.13. Kapsam ve Sınırlılıklar.....	78
1.14. Tanımlar.....	78
 II. BÖLÜM.....	 80
YÖNTEM.....	80
2.1. Evren ve Örneklem.....	80
2.2. Araştırmanın Modeli.....	81
2.2.1. Değişkenler.....	81
2.2.2 Araştırmanın Deneysel Deseni.....	81
2.2.3. Uygulamada Yer Verilen Kavramlar.....	82
2.2.4. Araştırmadaki Deneysel Uygulamanın Kapsamı ve Süreci.....	83
2.3. Veri Toplama Teknikleri.....	84
2.3.1. Ölçme Aracının Hazırlanması.....	84
2.3.2. Üç Aşamalı TMKT'nin Yapısı.....	86
2.3.3. Üç Aşamalı TMKT'nin Cevaplama Süresi.....	87
2.3.4. Üç Aşamalı TMKT'inden Verilerin Toplanması.....	87
2.3.5. Öğrencilerin Başarı Puanlarının Belirlenmesi	88
2.3.6. Öğrencilerin Kavram Yanılgısı Puanlarının Belirlenmesi	89
2.3.7. Üç Aşamalı TMKT'nin Ön Uygulama Sonuçları.....	92
2.3.7.1. Başarı Puanlarının Değerlendirilmesi.....	92
2.3.7.2. Kavram Yanılgısı Puanlarının Değerlendirilmesi.....	100
2.4. Verilerin Analizi.....	106
2.5. Interactive-Physics Programı ile Simülasyonların Hazırlanması.....	107
2.6. Interactive-Physics Fiziksel Dünyası.....	108
2.7. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilere Deney Raporlarının Tanıtılması ve Laboratuvarın İşlenişi.....	112
2.8. Deney Grubundaki Öğrencilere Simülasyon Raporlarının Tanıtılması ve Simülasyonların Kullanılması.....	116

III. BÖLÜM.....	123
BULGU VE YORUMLAR.....	123
3.1. Birinci Alt Probleme İlişkin Bulgu ve Yorumlar.....	126
3.2. İkinci Alt Probleme İlişkin Bulgu ve Yorumlar.....	130
3.3. Üçüncü Alt Probleme İlişkin Bulgu ve Yorumlar.....	136
3.4. Dördüncü Alt Probleme İlişkin Bulgu ve Yorumlar.....	142
IV. BÖLÜM.....	150
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	150
4.1. Sonuçlar.....	150
4.2. Öneriler.....	154
4.3. Diğer Araştırmacılara Öneriler.....	156
KAYNAKÇA.....	157
EKLER.....	174
Ek-1. Temel Mekanik Kavram Testi.....	175
Ek-2. Kuvvet ve Hareket Kavramsal Değerlendirme Testi (FMCE).....	182
Ek-3. Simülasyon Föyleri.....	189
Ek-4. Temel Fizik (Mekanik) Laboratuvarı Deney Föyleri.....	221
Ek-5. Kontrol ve Deney Grubu Öğrencilerinin Kavram Yanılgısı Puanları.....	257
Ek-6. Taksonomideki Boyutlara Göre Kontrol Grubu Öğrencilerinin Kavram Yanılgısı Puanları.....	258
Ek-7. Taksonomideki Boyutlara Göre Deney Grubu Öğrencilerinin Kavram Yanılgısı Puanları.....	260
Ek-8. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin Yanlış Pozitif ve Yanlış Negatif Cevaplarına İlişkin Tablo.....	262

TABLOLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1.1. Modelin Belirlenmesi.....	9
Tablo 1.2. Model Geliştirme Bileşenleri ve Aralarındaki İlişkiler.....	14
Tablo 1.3. Modelleme Öğretiminin Temel Amaçları.....	26
Tablo 1.4. Öğrencilerin Sınıf Düzeylerine göre Modeller Hakkında Bilgileri..	28
Tablo 1.5. Güneş Sistemin Analogik Modeli ile Atomun Yapısının Kavramsal Olarak Haritalanması.....	39
Tablo 2.1. Değişkenlerin Tanımlanması.....	81
Tablo 2.2. Deneysel Desen.....	81
Tablo 2.3. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Yaptıkları Ortak Deneyler ve Deneylerin Amaçları.....	83
Tablo 2.4. Uygulamaya Ait Zaman Çizelgesi.....	84
Tablo 2.5. Üç aşamalı TMKT'deki Maddelere Ait Çeldiricilerinin Temsil Ettiği Kavram Yanılgılarını Gösteren Taksonomi.....	85
Tablo 2.6. AL ve ALM Gruplarının B1 Puanlarına İlişkin Betimsel İstatistik Sonuçları.....	93
Tablo 2.7. ALM ve AL Öğrencilerinin B1 Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları.....	93
Tablo 2.8. TMKT-FMCE İkilisine İlişkin Betimsel İstatistik Sonuçları.....	94
Tablo 2.9. TMKT ile FMCE Başarı Puanları Arasındaki Korelasyon.....	94
Tablo 2.10. TMKT Maddelerinin Doğru Cevaplanma Kesirlerinin Aşamalara Göre Dağılımı.....	95
Tablo 2.11. B1-A B2-KS Puanlarının Oluşturduğu İkiliye İlişkin Betimsel İstatistik Sonuçları.....	96
Tablo 2.12. B1-A ve B2-KS Puanları Arasındaki Korelasyon.....	96
Tablo 2.13. Başarı Puanları Kullanılarak Hesaplanan KR-Katsayıları, MTK ve P Değerleri.....	98
Tablo 2.14. Alt ve Üst Grupların Madde Ortalama Başarı Puanlarına İlişkin	

T-Testi Sonuçları.....	99
Tablo 2.15. Kavram Yanılgısı Kesirlerinin Aşamalara Göre Dağılımı.....	100
Tablo 2.16. KMO and Bartlett Testi Sonuçları.....	101
Tablo 2.17. Ortak Varyans Tablosu.....	101
Tablo 2.18. Döndürülmüş Faktör Matrisi.....	102
Tablo 2.19. AL ve ALM Gruplarının KY1'e İlişkin Betimsel İstatistik Sonuçları.....	103
Tablo 2.20. ALM ve AL Öğrencilerinin KY1 Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları.....	103
Tablo 2.21. Kavram Yanılgısı Puanları Kullanılarak Hesaplanan KR-Katsayıları ve KYTK Değerleri.....	104
Tablo 2.22. KY1-A ve KY2-KS Puanlarının Oluşturduğu İkiliye İlişkin Betimsel İstatistik Sonuçları.....	105
Tablo 2.23. KY1-A ve KY2-KS Puanları Arasındaki Korelasyon.....	105
Tablo 2.24. Başarı Puanlarına Göre Yanlış Pozitif ve Yanlış Negatif Cevapların Kararlılık Seviyelerine Göre Tanımlanması.....	106
Tablo 2.25. Interactive Physics Programı Kullanılarak Hazırlanan Simülasyonlar ve Aşamaları.....	108
Tablo 3.1. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin Puanlarına İlişkin Betimsel İstatistik Sonuçları.....	124
Tablo 3.2. Kontrol ve Deney Grubu Öğrencilerinin Ön-Test Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları.....	125
Tablo 3.3. Taksonomideki Boyutlara Göre Kontrol ve Deney Grubu Öğrencilerinin Ön-Test Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları.....	126
Tablo 3.4. Taksonomiye Göre Kavram Yanılgılarının Ön-Test Kesirlerinin Deney ve Kontrol Gruplarındaki Dağılımları.....	127
Tablo 3.5. Deney ve Kontrol Grubundaki Ön-Test KY1-A KY2-KS Puanlarının Oluşturduğu İkiliye İlişkin Betimsel İstatistik Sonuçları.....	128
Tablo 3.6. Deney ve Kontrol Gruplarına İlişkin KY1-A ve KY2-KS Puanları Arasındaki Korelasyon.....	129

Tablo 3.7. Ön-Test Başarı Puanlarına Göre Yanlış Pozitif ve Yanlış Negatif Cevaplara İlişkin Ortalama Kesirler.....	130
Tablo 3.8. Taksonomiye Göre Kavram Yanılgısı Kesirlerinin Kontrol Grubundaki Dağılımları.....	131
Tablo 3.9. Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test ve Son-Test Kavram Yanılgısı Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları.....	132
Tablo 3.10. Taksonomideki Boyutlara Göre Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test ve Son-Test Kavram Yanılgısı Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları.....	133
Tablo 3.11. Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test Son-Test A ve KS Puanlarına İlişkin Betimsel İstatistik Sonuçları.....	134
Tablo 3.12. Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test Son-Test A ve KS Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları.....	134
Tablo 3.13. Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test ve Son-Test Başarı Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları.....	135
Tablo 3.14. Başarı Puanlarına Göre Yanlış Pozitif ve Yanlış Negatif Cevaplara İlişkin Ortalama Kesirler.....	136
Tablo 3.15. Taksonomiye Göre Kavram Yanılgılarının Ön-Test ve Son-Test Kesirlerinin Deney Grubundaki Dağılımları.....	137
Tablo 3.16. Deney Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test ve Son-Test Kavram Yanılgısı Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları.....	138
Tablo 3.17. Taksonomideki Boyutlara Göre Deney Grubundaki Öğrencilerin Ön Test-Son-Test Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları.....	139
Tablo 3.18. Deney Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test Son-Test A ve KS Puanlarına İlişkin Betimsel İstatistik Sonuçları.....	140
Tablo 3.19. Deney Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test Son-Test A v e KS Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları.....	140
Tablo 3.20. Deney Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test ve Son-Test Başarı Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları.....	141
Tablo 3.21. Başarı Puanlarına Göre Yanlış Pozitif ve Yanlış Negatif Cevaplara İlişkin Ortalama Kesirler.....	142

Tablo 3.22. Taksonomiye Göre Kavram Yanılgılarının Son-Test Kesirlerinin Deney ve Kontrol Gruplarındaki Dağılımları.....	143
Tablo 3.23. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test, Son-Test ve Düzeltilmiş Son-Test Ortalama Kavram Yanılgısı Puanları.....	144
Tablo 3.24. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test Puanlarına Göre Düzeltilmiş Son-Test Kavram Yanılgısı Puanlarının Ancova Sonuçları..	145
Tablo 3.25. Taksonomideki Boyutlara Göre Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Son-Test Kavram Yanılgısı Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları	146
Tablo 3.26. Deney ve Gruplarındaki Öğrencilerin Ön-Test Son-Test A ve KS Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları.....	147
Tablo 3.27. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test, Son-Test ve Düzeltilmiş Son-Test Ortalama Başarı Puanları.....	148
Tablo 3.28. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test Puanlarına Göre Düzeltilmiş Son-Test Başarı Puanlarının Ancova Sonuçları.....	148
Tablo 3.29. Son-Test Başarı Puanlarına Göre Yanlış Pozitif ve Yanlış Negatif Cevaplara İlişkin Ortalama Kesirler.....	149
Tablo 4.1. Aşamalara Bağlı Olarak Kavram Yanılgısı Kesirlerinin Değişimi..	154

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Sistem Organizasyonu ve Sistem Şemasının Örnek Gösterimi.....	10
Şekil 1.2. Sistem Davranışı (Süreci) Örnek Gösterimi.....	11
Şekil 1.3. Algılama-Eylem Halkası.....	12
Şekil 1.4. Modelleme İşleminin Modellenmesi.....	13
Şekil 1.5. Modelin Temel Bileşenleri.....	15
Şekil 1.6. Grafıksel Model ile Grafıksel Temsil Arasındaki İlişki.....	18
Şekil 1.7 Modelleme Teorisinin Ana Çatısı.....	21
Şekil 1.8. Öğrenme Süreci İçerisinde Model Geliştirmeye İlişkin Kavramsal Çatı.....	23
Şekil 1.9. Zihinsel ve Kavramsal Modeller Arasındaki İlişki.....	34
Şekil 1.10. Fiziksel Bir Olgunun Kavranmasının Fiziksel ve Matematiksel Modellerle İlişkilendirilmesi.....	36
Şekil 1.11. Analoji Çeşitleri.....	37
Şekil 1.12. Örnek İle Bilimsel Hedef Arasındaki Düşüncelerin Analogik Transferi.....	37
Şekil 1.13. Analogik Modellerin Sınıflandırılmasına Ait Kavram Haritası.....	40
Şekil 1.14. Elmasın Kristal Yapısının Gösterimi.....	41
Şekil 1.15. Bir Öğrencinin Alüminyum Folyodaki Bağları Gösterim Şekli.....	42
Şekil 1.16. Simülasyon Türleri.....	46
Şekil 1.17. Fiziksel Simülasyon Örnekleri.....	46
Şekil 1.18. Tekrarlayan Simülasyon Örnekleri.....	47
Şekil 1.19. Yöntemsel Simülasyon Örnekleri.....	48
Şekil 1.20. Durumsal Simülasyon Örnekleri.....	49
Şekil 2.1. Araştırmanın Akış Şeması.....	82

Şekil 2.2. Bir Öğrencinin Birinci Test Maddesine Verdiği Cevap.....	84
Şekil 2.3. Interactive Physics Fiziksel Dünyası.....	109
Şekil 2.4. Interactive-Physics Programında Yerçekimi ve Hava Direncinin Değiştirilmesi.....	109
Şekil 2.5. Interactive Physics Programında Bir Nesneye Ait Fiziksel Niceliklerin ve Ortamın Özelliklerinin Belirlenmesi.....	110
Şekil 2.6. Interactive Physics Programında Fiziksel Niceliklerin Sayısal ve Grafiksel Olarak Görüntülenmesi	111
Şekil 2.7. Deney ve Kontrol Grubu Laboratuvar Raporlarının Akış Şeması.....	112
Şekil 2.8. Deney ve Kontrol Gruplarının Kullandığı Örnek Bir Deney Raporu ve Aşamaları.....	113
Şekil 2.9. Deney Grubu Simülasyon Raporlarının Akış Şeması.....	116
Şekil 2.10. Deney Grubunu Kullandığı Örnek Bir Simülasyon Raporu ve Aşamaları.....	117

KISALTMALAR LİSTESİ

α	: Cronboach-Alfa Güvenirlik Katsayısı
A	: Açıklama Puanları
akt	: Aktaran
AL	: Konuyu Almış Öğrenci Grubu
ALM	: Konuyu Almamış Öğrenci Grubu
B1	: Birinci Aşama Başarı Puanları
B2	: İkinci Aşama Başarı Puanları
B3	: Üçüncü Aşama Başarı Puanları
bkz	: Bakınız
FCI	: Kuvvet ve Hareket Tanı Testi
FMCE	: Kuvvet ve Hareket Kavramsal Değerlendirme Testi
KR	: Kuder-Richardson Güvenirlik Katsayısı
KS	: Kararlılık Seviyesi Puanları
KY1	: Birinci Aşama Kavram Yanılgısı Puanları
KY2	: İkinci Aşama Kavram Yanılgısı Puanları
KY3	: Üçüncü Aşama Kavram Yanılgısı Puanları
KYTK	: Kavram Yanılgısı Toplam Korelasyonu
MBT	: Temel Mekanik Testi
MDT	: Mekanik Tanı Testi
MKT	: Madde Toplam Korelasyonu
N	: Öğrenci Sayısı
P	: Güçlük İndeksi
p	: Anlamlılık Düzeyi
r	: Korelasyon Katsayısı
S	: Standart Sapma
s	: Sayfa
SD	: Serbestlik Derecesi
TMKT	: Temel Mekanik Kavram Testi
vd	: Ve Diğerleri
X	: Ortalama

I. BÖLÜM

GİRİŞ

Bu bölümde araştırmanın kapsadığı problem durumuna, araştırmanın kavramsal çerçevesine, amacına, önemine, sınırlılıklarına ve araştırmaya başlarken yapılan varsayımlara ve araştırmada geçen bazı terimlere ilişkin tanımlara yer verilmiştir.

1.1. Problem Durumu

Fen eğitiminin temel amaçlarından biri, doğa olayları ile ilgili kavramların öğrenilmesini ve kavramlar arası ilişkilerin oluşturulmasını sağlamaktır. Fen bilimlerinde yer alan kavramlar, yapılarına ve varoluş şekillerine göre farklılık gösterir. Bazı kavramlarla ilgili günlük yaşamda deneyim sahibi olma imkanı her zaman mümkünken (örneğin yerçekimi kuvveti kavramını ile ilgili olarak attığımız topun yere düşmesi, ayaklarımız üzerinde zıpladığımızda havada kısa bir an için kalıp tekrar yere dönmemiz gibi) bazı kavramlar açık şekilde görülmez ya da konuyla ilgili bilgi sahibi olmadan kavranamaz. Soyut kavramların yanı sıra bazı somut kavramların da öğrenciler için ulaşılabilir ve anlaşılabilir yapılması oldukça güç olabilmektedir. Mesela soyut kavram olan alan kuvvet çizgilerinin yanı sıra atom ve yapısı öğrencilerin doğrudan etkileşim içinde bulundukları kavramlar değildir. Kavramların öğretilmesindeki diğer bir sıkıntı ise, öğrencilerin dünyanın işleyişine ilişkin yıllar öncesine dayanan ve gündelik deneyimlerle geliştirdiği kişisel fikirleri, sezgileri, inançları, algılamaları ve bakış açılarıdır. Öğrencilerin formal eğitim dışında edindiği deneyimler çoğu zaman bilimsel kavramların öğrenilmesini güçleştirmektedir. Bir fizik probleminden örnek vermek gerekirse; birçok öğrenci atış hareketlerine ilişkin formülleri uygulayabilmelerine ya da bunları türetebilmelerine karşın, öğrencilere havaya fırlatılmış bir topa etki eden kuvvetler

sorulduğunda Aristo fiziği yaklaşımıyla topu fırlatan kişinin uyguladığı ve yerçekimi kuvvetini yenen saklı bir kuvvet olduğu cevabını vermektedir. Bu şekilde kendiliğinden geliştirilen ve bilimsel olmayan kavramlar literatürde genellikle kavram yanlışlığı terimi ile ifade edilir (Güneş vd., 2004, s.35; Ünal ve Ergin, 2006, s.188; Harrison, 2001, s.401; Buckley vd., 1997, s.90; akt: Graham ve Rowland, 2000, s.480).

Kavram yanlışlığının varlığı, fen eğitimcilerini son 20 yılda bu alanda çalışmaya odaklamıştır. Özellikle fizikte bu çalışmaların çoğunda mekanik konusu ile ilgili temel kavramlar ele alınmıştır. Mekanikte; kuvvet ve hareket (Jimoyiannis ve Komis, 2003; Eryılmaz, 2002; Palmer ve Flanagan, 1997; Park ve Han, 2002; McCloskey vd., 1980; Caramazza, vd., 1981; Galili ve Bar, 1992), kinematik (Picciarelli vd., 1990; Marioni, 1989; Trowbridge ve McDermott, 1980; McDermott ve Trowbridge, 1981; Aguirre, 1988; Halloun ve Hestenes, 1985), kuvvet (Trumper, 1996; Terry vd., 1985; Gilbert vd., 1982; Brown, 1989), yerçekimi (Veronica ve Butler, 2004; Watts, 1982; Dostal, 2005; Palmer, 2001; Gunstone ve White, 1981) konularında yapılan araştırmalar öğrencilerin çeşitli kavram yanlışlıklarına sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Kavram yanlışları genellikle öğrencilerin kişisel deneyimleri ile geliştirildiğinden bu kavramlar öğrencilere bilimsel kavramlardan daha yakındır ve öğrenciler zihinsel modellerini değiştirmekte çoğu zaman gönülsüz davranmaktadır. Bu durum, yanlışların giderilmesi veya en aza indirilmesi amacıyla, öğretim yaklaşımlarının düzenlenmesini beraberinde getirmiştir. Bu amaçla analogiler, kavramsal değişim metinleri, kavram haritalama, bilgisayar destekli öğretim, öğrenme halkası gibi farklı yöntem ve yaklaşımlar kullanılarak bunların etkiliği değerlendirilmiştir (Geban, ve Bilgin, 2001; Akköse, 2005; Geban, vd., 1999; Rosenquist ve McDermott, 1987; Thornton ve Sokoloff, 1990; Clement, 1993; Türkmen ve Usta, 2007; Brna, 1987).

Kavram yanlışlarının giderilmesindeki önemli vurgu öğrencilerin kişisel deneyimler sonucunda kazandığı kavramlar ile bilimsel kavramlar arasındaki zihinsel karmaşıklığın ortadan kaldırılması ile ilgilidir. Bu yaklaşımdaki zorluk, birçok bilimsel olgunun sınıf ortamına taşınamamasına bağlı olarak özellikle fen

öğretiminde kendini belli eder. Alternatif bir çözüm olarak, sınıflarda modellerin kullanılması bu zorlukların aşılmasına anlamlı bir katkı sağlayabilmektedir. Öğretimde modellerin kullanılmasının iki temel fonksiyonu vardır. Birincisi modelin tahmin gücü, ikincisi ise, olgunun doğasının anlaşılmasına katkı sağlayabilme gücüdür. Biliminsanlarının izlediği basamakları da içinde barındıran model ve modelleme, farklı temsil modlarında, öğrencilerin bilimsel olguları anlamasına yardımcı olur. Fakat bilimsel modeller iyi bir tahmin aracı olmasına karşın modellerin bu potansiyeli sınıflarda tam anlamı ile kullanılamamaktadır. Yine de, günümüz teknolojik gelişmelerin sonucunda ortaya çıkan bilgisayar modelleri ve simülasyonlar öğrencilerin kendi fikirlerini test edebilmelerine yardımcı olabilmektedir (akt: Graham ve Rowland, 2000, s.481; akt: Harrison ve Treagust, 2000, s.1012; Treagust ve diğ, 2002, s.358).

Bir bilgisayar modeli, bilgisayar kullanılarak bir kavramsal modelin gerçekleştirilmesidir. Bilgisayarlarda gerçek-zaman davranışına göre hazırlanan modeller simülasyon olarak isimlendirilir. Fen öğrencilerinin veya öğretmenlerin bir deney hazırlayarak tüm değişkenleri ele almaları çeşitli nedenlerden her zaman mümkün olmamaktadır. Bu gibi durumlarda öğretimi desteklemek amacıyla simülasyonlar bir kurtarıcı olabilmektedir. Fakat burada kastedilen deneylerle simülasyonların yer değiştirmesi değil sadece istenilen becerilerin ve kavramsal gelişimin desteklenmesidir (Hestenes, 1995, s.10-11; Akt: Graham ve Rowland, 2000, s.481).

İdealize edilmiş fiziksel sistemlerin laboratuvar ortamında sağlanması mümkün değildir. Örneğin sürtünmeli yüzeyler, hava direncinin etkisi veya yerçekimi kuvvetinin varlığı bazı deneylerin istenilen şekilde yapılmasını veya bazı kavramların anlaşılmasını zorlaştırmaktadır. Bu gibi durumlarda sanal bir dünyada istenilen şartlar bilgisayar simülasyonları ile sağlanabilir. Bilgisayar simülasyonları bir teoriyi, ideal deneysel durumları da dikkate alarak temsil eder ve gerçeği keşfetmek için basitleştirilmiş bir model sunar. Ayrıca kavramsal değişime yardımcı olmakla birlikte, fizik sınıflarının veya laboratuvarlarının sınırları dışında kalan durumları ve problemleri öğrencilerin tartışmalarına da izin verir. Mekanik konusunda analitik çözümler getiren modellerin kullanılması geleneksel hale

gelirken, bilgisayarlar standartların dışında kalan problemlere de çözüm getirebilme zemini hazırlamaktadır. Bilgisayar simülasyonları ile, örneğin yerçekiminin farklı olduğu ortamlarda, öğrencilerin bir cismin hareketine ilişkin kendilerine özgü zihinsel modeller geliştirmeleri sağlanabilir. Çünkü öğrenme sürecinde bilginin yorumlanması ve genellenmesi öğrencinin kavramsal çatısına ve zihinsel modeline dayanmaktadır (Mashhadi, 2007, s.5; Graham ve Rowland, 2000, s.479-480).

İlerleyen alt bölümlerde, araştırmanın teorik kısmını oluşturan ve fen eğitiminde önemli role sahip olan modellere, modellemeye ve fen içerisinde etkin bir modelleme aracı olarak değerlendirilen bilgisayar simülasyonlarına ilişkin konulara yer verilmiştir. Bilgisayar simülasyonlarının doğasının, kullanım özelliklerinin ve modeller içerisindeki yerinin daha iyi anlaşılabilmesi için öncelikle model kavramı üzerinde durulmuştur.

1.2. Model

Fen; bilimsanlarına, öğretmenlere ve öğrencilere güzel ve tuhaf olan doğal dünyanın karmaşık yapısı ile ilgili bir bakış açısı kazanmalarına yardım etmek için model kullanır. Modeller ve modelleme fen öğretiminin ayrılmaz bir bileşenidir. Özellikle fen bilimlerinin çoğu durumdaki soyut tabiatı, modellerin fen sınıflarındaki kullanım alanlarını ve işlevlerini oldukça genişletmektedir (Harrison, 2001, s.401; Buckley vd., 1997, s.90).

Literatürde modeller ile ilgili birçok tanıma rastlamak mümkündür. Modelleme; mevcut kaynaklardan hareketle yabancılik çekilen (bilinmeyen) bir hedefi açık ve anlaşılır hale getirmek için yapılan işlemler bütünü olarak tanımlanırken, modelleme sonucunda ortaya çıkan ürün ise model olarak nitelendirilmektedir (Harrison ve Treagust, 2000, s.1014-1021). Tregidgo ve Ratcliffe (2000, s.53) hedef olarak seçilen bir nesnenin, olgunun veya düşüncenin temsil edilmesi sonucunda ortaya çıkan ürünü model olarak nitelendirmiştir. Daha genel bir bakış açısı ile model, bir olgunun, nesnenin veya düşüncenin temsidir. Bu temsil, kavramsallaştırma için bir araç sağlar (akt: Örnek, 2008, s.35). Model hedef olarak adlandırılan bir sistemin özelliklerini temsil eden çeşitli sembol ve

nesnelerden oluşan bir sistemdir (Gilbert ve Ireton, 2003, s.1). Model kendi karakteristiği ile birlikte bir sistemin ve karakteristiklerinin (içerdiği parçaların ve özelliklerinin) temsil edilmesidir (Hestenes, 1987, s.4).

Modeller kendilerine özgü birçok bileşenden oluşur ve bu bileşenlerin modellere kazandırdığı bazı özellikler vardır Tüm modellerin genel özellikleri aşağıdaki başlıklar altında toplanabilir (akt: Weller, 2007, s.3).

- *Yapaylık*: Tüm modeller, varolan bir sistemi veya nesneyi açıklamasına rağmen, insan yapısıdır.
- *Amaç*: Modeller belirli amaçlara hizmet etmesi amacıyla geliştirilir. İstenilen amaca ulaşmak için bazı bilgiler kasten modelin dışında bırakılır.
- *Örnekleme*: Sınıf ortamında oluşturulan dünya modeli belki coğrafik ilişkileri açıklamada yararlı olabilir ama jeolojik süreçleri açıklamada yararlı değildir.
- *Basitleştirme*: Modeller temsil ettiği hedeften daha az bilgi içerir ve kompleks yapının anlaşılır hale getirilmesi için oldukça basite indirgenerek hazırlanır.
- *Yorumlanma*: Tüm modeller yapısında barındırdığı terimler ile anlaşılır ve yorumlanır. Bazı modeller ise diğerlerine nazaran daha fazla yorumlanmaya ihtiyaç duyar. Örneğin bir ölçeklendirme modeli oldukça açıktır fakat bir yol haritasının, üzerindeki yol çeşitleri ve yerleşim birimlerinin büyüklükleri gibi bazı özellikleri nedeni ile daha fazla yorumlanması gerekir.
- *Eksiklik*: Modeller kesinlikle hedefin ideal yani tam bir temsili olarak algılanmamalıdır. Sadece hedef ideal durumdur. Modeller hedef ile ilgili eksik ve tamamlanmamış bilgiler verir. Her zaman model ile hedef arasında bir hata ilişkisi vardır.

1.2. Bilimsel Modeller

Her ne kadar modeller ortak özellikleri paylaşırsa da fen bilimleri içerisinde tüm modelleri bilimsel model olarak kabul etmek doğru değildir. Bilimsel modeller

kendilerine özgü bazı ortak karakteristiklere sahiptir. Bilimsel modelin genel bir tanımını yapmak yerine, bilimsel modellerin ortak karakteristiklerini vurgulamak daha kullanışlıdır. Bilimsel modellerin karakteristikleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir (akt: Van Driel ve Verloop, 1999, s.1143)

- Bir model her zaman temsil ettiği hedefle ilişkilidir. Hedef bir sistem, bir nesne, bir olgu veya bir süreç olabilir.
- Bir model gözlenemeyen ya da doğrudan ölçülemeyen bir hedef (karadelikler, atom gibi) ile ilgili bilgi edinilmesini sağlayan bir araştırma aracıdır. Bu nedenle, ölçeklendirme modelleri nesnelerin farklı bir ölçekteki birer kopyası (ev, köprü maketleri gibi) olduğundan bilimsel model olarak düşünülmez.
- Bir model temsil ettiği hedefle doğrudan etkileşmez. Bu nedenle, bir fotoğraf veya spektrum model olarak nitelendirilmez.
- Bir model hedefle ilgili belirli analogileri içinde barındırır. Bu nedenle araştırmacılara, hedefle ilgili test edilebilir hipotezler üretmelerine olanak verir. Hipotezlerin test edilmesi, hedefle ilgili yeni bilgilere ulaşılmasını sağlar.
- Bir model bazı yönleri ile hedeften farklılık gösterir. Genel olarak model olabildiğince basit formda hazırlanır. Araştırmanın amacına bağlı olarak hedefin bazı yönleri model dışında bırakılabilir.
- Bir model geliştirilirken, analogiler ve farklılıklar arasında araştırmacılara özel seçimler yapmalarına olanak sağlayacak şekilde uygunluk olmalıdır. Bu süreç araştırma soruları ile yönlendirilir.
- Bir model karşılıklı olarak birbirini etkileyen süreçler sonucunda geliştirilir ve hedefle ilgili yeni çalışmalar ortaya çıktıkça modellerde revizyona gidilir.

Bir bilimsel model doğal bir süreci tanımlayan fikirler bütünüdür (Cartier vd., 2001). Bilimsel modeller, bilim adamının çalışırken izlediği doğal süreçler ve bu süreçlerin sonucu olarak ortaya konan bilimsel ürünler olarak da tanımlanabilir (akt: Ünal ve Ergin, 2006, s.189). Bu açıdan bakıldığında bilimsel bir model; zihinlerde

yer edebilir ve işlenebilir-tanımlandığı özel şartlara sahiptir-bir problemle ortaya atılan bir konuyu açıklar ve onunla ilgili yordamalara ışık tutar (Ünal ve Ergin, 2006, s.189).

Bilimsel modellerin bir başka önemli özelliği kullanıldıkça daha iyi açıklama yapabilirlikleri açısından geliştirilebilir olması yanında eklemeler yapılarak ve başka modellerle birleştirilerek derinleştirilebilir olmalarıdır (Ünal ve Ergin, 2006, s.189). Örnek olarak geçmişte atomun yapısı ile ilgili birçok model belirli bir zaman kabul görerek geliştirilmiş fakat daha sonra atomun yapısı hakkında yapılan çalışmaların getirdiği yeni bilgiler sonucunda bu modeller terk edilmiştir. 1898 yılında J.J. Thomson, atomların içlerinde negatif yüklü elektronların gömülü olduğu ve içinde pozitif yükün düzgün olarak dağıldığı maddesel küreler olduğunu önerdiğinde bu normal karşılanmıştı. Ama 13 yıl sonra yapılan bir deney, görünüşte pek sorunu olmayan modelin terk edilmesini gerektirdi ve klasik fizik ışığında anlaşılamayacak bir atom yapısının doğmasına yol açtı. Thomson'a sorulan soru şuydu: Negatif yüklü elektronlar "taneli" olduğu halde pozitif yük neden ve nasıl "kesiksiz" olarak atomik hacmi doldurabiliyor? Rutherford 1911 yılında, atomun yapısını açıklamak için, bir atomun pozitif yüklü bir çekirdek ile biraz uzaktaki elektronlardan oluştuğunu önerdi. Thomson, kendi atom modelinde, elektronların pozitif madde içinde gömülü ve bu nedenle de hareket edemez olduğunu tasarlamıştı. Rutherford modelinde elektronlar durgun olamaz. Elektronlar elektrostatik çekim sonucu spiral bir hareketle çekirdeğe düşecektir (klasik fizik yasalarına göre). Oysa atomlar yadsınamaz kararlılıklarıyla ortadadır. Rutherford modeli şu iki soruyu yanıtlıyamadı: 1. Elektronlar, çekirdek üzerine düşmeden nasıl hareket ediyor? 2. Çekirdek boyutu on üzeri eksi on dört metre ve daha küçük boyutlarda olduğu halde pozitif yük, bu küçük ve yoğun hacimde nasıl dağılmadan durabiliyordu? Bu çıkmazı açmak için Bohr, basitçe, çekirdek etrafındaki yörüngelerdeki elektronların ışık yaymadıklarını ve atomların yaydığı ışığın bir başka fiziksel yapının sonucu olduğunu varsaydı. Bohr, Planck'ın enerjinin kuantalaşması fikrinin, elektronlar için ancak belli yörüngelerin mümkün olduğu anlamına geldiğini gösterdi. Atomların kararlılığını korumak için Bohr, yörüngedeki elektronun onun altına düşmeyeceği en düşük enerjili yörünge konusunda bir önermede bulundu. Bir elektron daha

yüksek bir yörüngeden, daha alçağına düşerken, böylece enerji kaybederken, bu elektronu taşıyan atom ışık yayar, bu da kaybedilen enerjiyi taşır. Yalnızca belli elektron yörüngelerine izin verildiği için, elektronların yörüngeler arasında yalnız belli sıçramalar olabilir ve sonuç olarak, yayılan ışığın enerjisi kuantalaşır. Ancak bu modelde, çok elektronlu atomların davranışlarını açıklamada yetersiz kalmıştır. Günümüzde Schrödinger ve Heisenberg'in katkılarıyla bugünkü modern atom teorisi geliştirilmiştir (akt: Gülçiçek, 2003, s.125–126). Atom modelinin evrimi modellerin işlenebilirliği, sınırlılıkları ve konuyu açıklayıp artçı araştırmalara ışık tutmasına güzel bir örnek oluşturmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı bilimsel modeller, bilimsel bir araştırmanın hem istendik ürünü hem de artçı araştırmaların bir yol göstericisidir (Ünal ve Ergin, 2006, s.189).

1.3. Modelleme Bileşenleri

Fen bilimleri içerisinde birçok model olmasına karşın modeller gerçek dünyadaki doğal süreçlerin birlikte yansıttığı bazı ortak bileşenleri paylaşır. Tablo 1.1.'de modeller tarafından ortaya konan genel bileşenler ve aralarındaki ilişkiler belirtilmiştir (Hestenes, 1995, s.7; Hestenes, 1996, s.8; Wells vd., 1995, s.5). Model karakteristiği ile birlikte sistemin bir temsilidir (Hestenes, 1987, s.3). Bu karakteristikler modelin parçalarını ve özelliklerini kapsar.

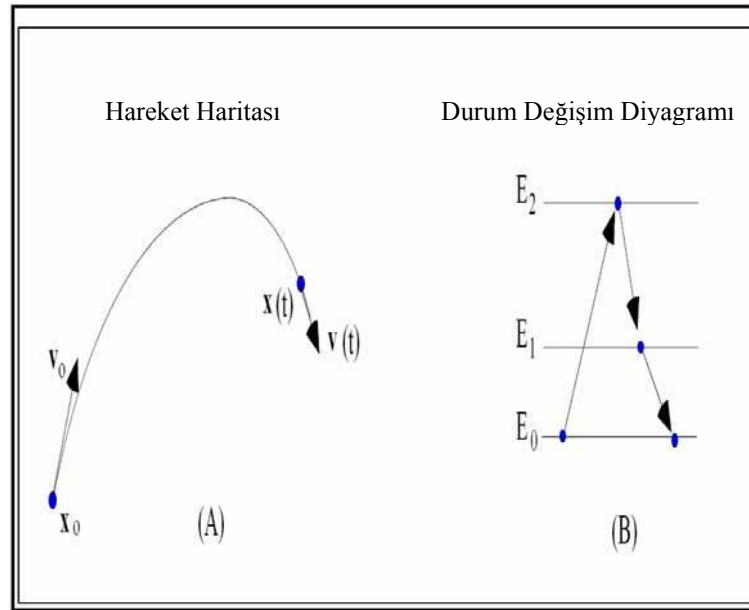
- I. Herhangi bir sistem modellenirken birinci basamak, sistemi belirten başlıkları ya da sembolleri içerecek şekilde bir sistem şeması ile bütünü oluşturan parçaların ve bağlantıların organizasyonunu modellemektedir. Sistem şeması, organizasyon planı veya diyagram olabilir.
- II. İkinci basamak, sistemin temel özelliklerini ve sistemin özellik değişkenleri ile (veya tanımlayıcıları ile) parçalarını belirlemektir. Temel özellikler iki tip tanımlayıcı ile verilir. Nesne değişkenleri (örneğin kütle, yük) modelin belirli parametreleridir. Durum değişkenleri (örneğin, konum, hız) zamanla değişebilen temel özelliklerdir. Etkileşimli değişkenler ise bağlantı özelliklerini yansıtır.

Tablo 1.1. Modelin Belirlenmesi (Hestenes, 1995, s.7)

Nesne/Sistem	Model
I. Organizasyon	Sistem Şeması
• oluşum • çevre • ilişkilendirme	• iç bileşenler • dış temsiller • bağlantılar
II. Temel Özellikler	Tanımlayıcılar
• kendine özgü • etkileşimli	• nesne değişkenleri (kütle, yük, akım) • durum değişkenleri (konum, hız) • etkileşimli değişkenler (kuvvet, hacim)
III. Yapı (iç/dış)	Etkileşim Kanunları ($F=GmM/r^2$ $PV=nRT$)
IV. Davranış (zamansal yapı)	Değişim Kanunları ($mv'=F$)

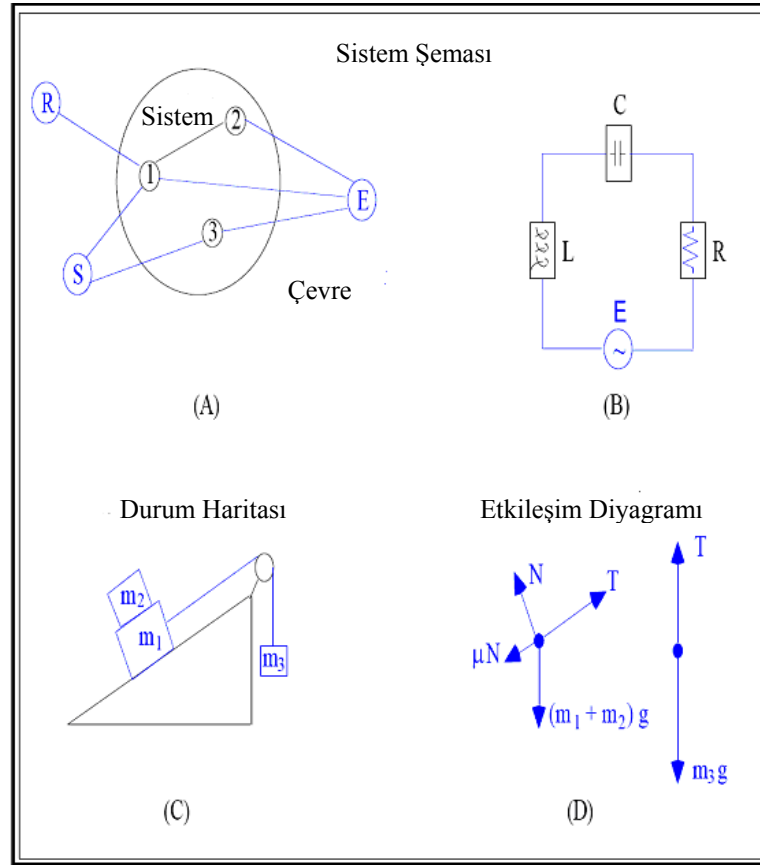
III. Sistemin yapısı, etkileşimli değişkenlerle ilişkisi olan durum değişkenleri göz önüne alınarak birbirini etkileyen kanunlarla belirlenir. Örnek olarak yerçekimi kanunu ve ideal gaz denklemi verilebilir. Sistemin yapısı, birinci basamaktaki sistem şemasından farklıdır. Şemada etkileşen nesneler verilirken, yapıda bunların nasıl etkileştiği verilmektedir.

IV. Sistemin davranışı (zamansal yapı), durum ve etkileşim değişkenlerindeki değişimler ile ilişkili olarak kanunlarla belirlenir. Örnek olarak Newton'nun ikinci kanunu veya Euler kanunu verilebilir.



Şekil 1.1. Sistem Organizasyonu ve Sistem Şemasının Örnek Gösterimi
(Hestenes, 1995, s.7)

Geliştirilen model genellikle kelime, eşitlikler, diyagramlar gibi değişik temsil türleri ile diğerleri ile paylaşılır (Hestenes, 1995, s.6). Her durumda modeller biliminsanları arasındaki iletişim için önemlidir. Herhangi bir kişi herhangi bir hedefle ilgili kişisel bir zihinsel modele sahip olabilir. Bu zihinsel model sözlü ya da yazılı olarak açıklanabilir. Bu açıklayıcı model diğerleri ile paylaşılıp tartışılabilir. Zihinsel modele dayandırılarak oluşturulan açıklayıcı modelin karşılaştırılması ve test edilmesi sonucunda biliminsanları fikir birliği ile kabul edilmiş bir modele ulaşabilir. Bu şekilde fikir birliği ile ortaya konan modeller fenin ürünleri olarak karşımıza çıkar. (akt: Van Driel ve Verloop, 1999, s.1143). Bu ürünün gelişim süreci bilimsel gelişimi anlamının temelini teşkil eder. Belirli bir model seçerek kullanmak araştırmanın amacına ve içeriğine bağlıdır. Örneğin biyokimyacılar ve teorik kimyacılar aynı kavramlar için oldukça farklı modeller kullanabilmektedir. Bazı durumlarda aynı amaç için birden fazla model kullanılacağı gibi herhangi bir model de farklı amaçlar için kullanılabilir (Van Driel ve Verloop, 1999, s.1143).



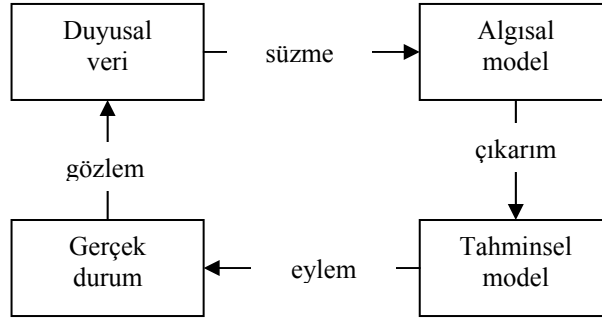
Şekil 1.2. Sistem Davranışı (Süreci) Örnek Gösterimi (Hestenes, 1995, s.8)

1.4. Modelleme

Tüm modeller belirli bir amaç için geliştirilir. Bu amaç herhangi bir olguya ilişkin davranışı açıklamak, davranışın nedenlerini ve etkilerini belirlemek ya da belirli şartlar altında davranıştaki değişiklikleri tahmin etmek olabilir (Van Driel ve Verloop, 1999, s.1142). Bu nedenle, yeni oluşturulacak modelin veya revize edilecek modelin amacının açık olması gerekir. Modellenecek hedefe ilişkin dolaylı-direkt, nitel-nicel gözlemlerin ve önceki deneyimlerin dikkate alınması önemlidir.

Modelleme temel olarak bilişsel bir süreçtir ve bilimsel düşünme ve çalışmayı gerektirir (akt: Harrison ve Treagust, 2000, s.1011). Modellemenin temel amacı kavramsal modeller geliştirmek ve kullanmaktır. Bununla birlikte modelleme sadece zihinsel bir süreç değildir. Şekil 1.3.'deki gibi bir algılama-eylem halkası

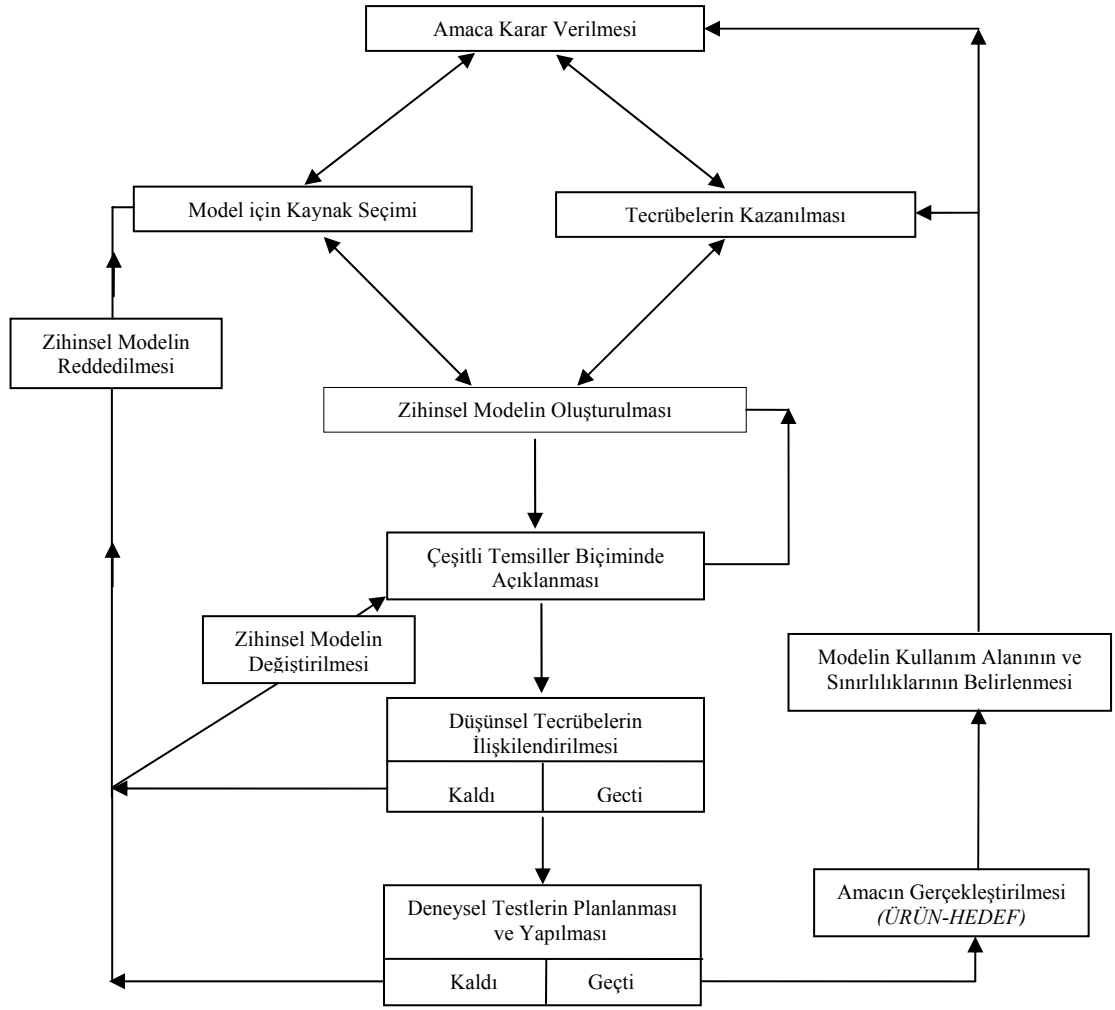
gerektirir. Bir yandan dış temsillerin oluşturulması diğer yandan ise gerçek sistemle ilişkilendirilmesi sağlanmalıdır (Hestenes, 1995, s.5).



Şekil 1.3. Algılama-Eylem Halkası (Hestenes, 1995, s.5)

Modelleme farklı amaçlarla birlikte birçok varyasyona sahiptir. Bu varyasyonlar bağımsız aktiviteler olarak kabul edilebilir fakat bu varyasyonlar modellemenin asıl amaç ve kavramsal bileşenlerini arka planda bırakabilir. Genel olarak modelleme varyasyonlarının bütününde yer alan işlemler tek bir modelleme süreci ile verilebilir (Hestenes, 1995, s.12). Justi ve Gilbert (2002, s.371) tarafından ifade edilen modelleme sürecinin basamakları şekil 1.4.'de gösterilmiştir.

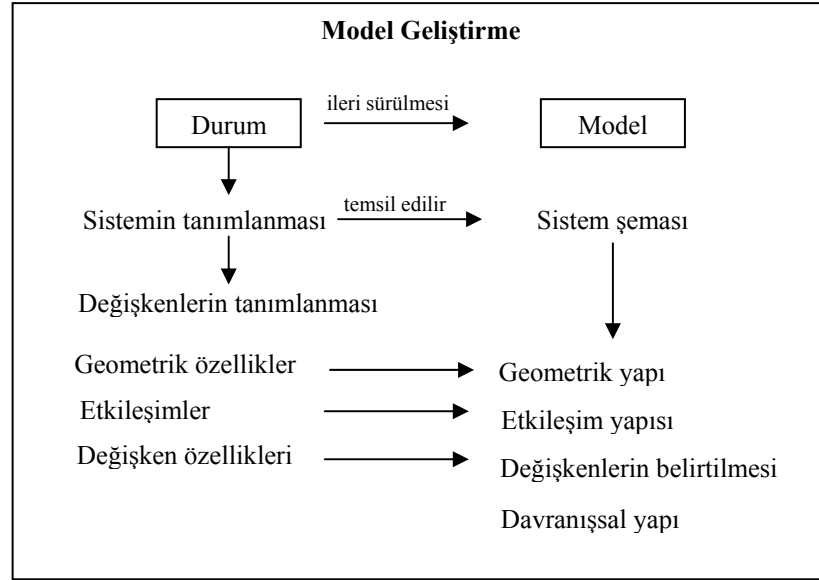
Model geliştirilirken modelin hangi kaynaklardan ortaya çıkarılacağı ve kaynaklar ile modellenen hedef arasındaki analogik ilişkilerin belirlenmesi gerekir. Bu aşamadan sonra zihinsel bir model oluşturulur. Oluşturulan zihinsel model uygun biçim/biçimlerde temsil edilir. Bu temsil bir materyal kullanılarak yapılabileceği gibi, sözlü, matematiksel, şematik ya da hepsi birden de olabilir. Modelin, zihinde oluşturulan yapıya uygun olup olmadığı düşünsel deneyimlere göre değerlendirilir. Bir sonraki aşamada deneysel uygulamalar tasarlanarak deneylerle modelin geçerliği test edilir. Elde edilen sonuçlara göre geliştirilen model ya geçerli olur ya da geçersiz olur. Eğer model geçersiz olursa, bir önceki aşamalara geri dönülür. Model geçerli olursa, model bir ürün olarak ortaya çıkar. Ortaya çıkan modelin kapsam ve sınırlılıkları belirlenir (Justi ve Gilbert, 2002, s.371).



Şekil 1.4. Modelleme İşleminin Modellenmesi (Justi ve Gilbert, 2002, s.371)

Hestenes (1996, s.14) ise modelleme işlemine daha önce belirttiğimiz öğeleri dikkate alarak belirli bir işlem sırası belirlemiştir. Özellikle gerçek durum ile model arasındaki özellikler ve etkileşimler arasındaki köprüyü ön plana çıkaran Hestenes genel çerçevede modellemeyi tablo 1.2.'deki gibi ifade etmiştir.

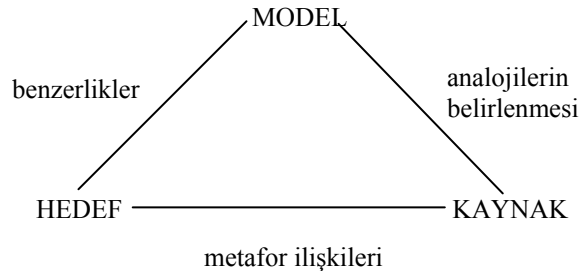
Tablo 1.2. Model Geliştirme Bileşenleri ve Aralarındaki İlişkiler
(Hestenes, 1996, s.14)



Hestenes (1987, s.7-8) model geliştirmede tanımlama, formülasyon, dallanma ve geçerlik başlıkları adı altında dört basamağa vurgu yapmıştır. Tanımlama basamağında, amaca karar verilmesi (hangi sistem için hangi tür model), model ile temsil ettiği hedef arasındaki süreçlerin (mekanikte referans sisteminin tanımlanması gibi) ve etkileşimlerin tanımlanması (örneğin Newton'un ikinci kanunu) işlemleri yer almaktadır. Formülasyon basamağında, dinamik ve etkileşim kanunları (örneğin hareket kanunları) yer almaktadır. Bu kanunlar matematiksel denklemler, eşitlikler, sınır şartları gibi kanunlar olabilir. Dallanma basamağında, ortaya çıkan özellikler ve süreçler (örneğin hareketten yola çıkılarak atış hareketleri veya enerjinin kaybedilmesi veya kazanılması gibi) yer alır. Geçerlik basamağında ise deneysel değerlendirmeler yer alır.

Modelleme, belli bir süreç sonunda ortaya bir ürün (model) koymayı veya daha önceden var olan ürünün yenilenmesini ifade eder. Bir başka ifadeyle, modelleme, hangi ayrıntının nasıl ve ne şekilde yer alacağını belirlediği, birçok kısımdan oluşan aktiviteleri kapsayan karmaşık bir süreçtir. Bunun için bir model, belirli bir modelleme yeterliliği ile birlikte belirli bir süreç sonunda oluşturulur. Modelleme, tanımların yanı sıra, kısaca bilimsel düşünme ve çalışma olarak ifade

edilebilir (Harrison ve Treagust, 2000, s.1011). Model/modelleme, bilimsel bilgi gelişiminin zorunlu kıldığı önemli, dinamik ve lineer olmayan bir bileşendir (akt: Justi ve Gilbert, 2002, s.369). Gilbert'in de (1997, s.9) vurguladığı gibi modelleme işleminde iki temel öge kaynak ve hedeftir.



Şekil 1.5. Modelin Temel Bileşenleri (Gilbert, 1997, s.9)

Kaynak, şu ana kadar elde edilmiş olan mevcut bilgilerin tümünü içinde barındırır. Hedef ise, kaynaktan hareketle ulaşılabilecek olan yani elde edilmek istenen bilgilerdir. Kaynaktan yararlanılarak hedef ile ilgili tahminler ortaya konabilir ve bunların doğruluğu test edilebilir. Elde edilen sonuçlar, hedefi amaçlanan doğrultuda açıklayabiliyorsa ortaya konan model kabul edilir. Aksi durumda, eldeki bilgiler yeniden değerlendirilir. Fakat unutmamak gerekir ki, hiçbir model bir hedefi yüzde yüz temsil edemez, edebilirse zaten bu durumda model hedefin kendisi olur yani modele ihtiyaç kalmaz. Bununla birlikte, herhangi bir olguyu açıklamak için zamanın şartlarında kullanılan model veya modeller elde edilen yeni bilgiler ışığında değiştirilebilir hatta terk edilebilir. Bu durum, modellerin durağan gerçekler olmadığına işaret etmektedir.

Modeller karmaşık olguları açıklamasına karşın aslında kendi bünyelerinde de zaman zaman bir bazı sıkıntıları da barındırır. Bu nedenle uygun modelin kullanılması veya geliştirilmesi önemlidir. Gilbert ve Irenton'nun (akt: Weller, 2007; s.3-4) vurguladığı gibi herhangi bir model geliştirildiğinde aynı hedef için geliştirilen diğer modeller ile ilişkisi de yani tutarlılık olarak da isimlendirebileceğimiz yönü de

değerlendirilmelidir. Ortaya konan model, diğer modeller ile ne kadar bağdaşık olursa modelin geçerliği o kadar fazla olur denilebilir. Diğer önemli noktada modelin ne kadar saydam olduğudur. Buradan anlaşılması gereken modelin hedefi ne kadar açık-anlaşılır düzeye ulaştırdığıdır. Eğer bir model opak ise, temsil edilen hedef ile ilgili sağlam bir bakış açısı kazanılamayabilir. Bu durumdan kaçınmak için modellerde metafor (mecaz) ilişkilerinden mümkün olduğunca uzak durmak gerekir. Modelin dinçliği ise, varsayımlarındaki değişimlere ne oranda katı davrandığının bir ölçüsüdür. Modelin hedef ile ilgili birçok varsayımla ilişkilendirilmeye ihtiyacı vardır. Büyük bir olasılıkla model belirli bir süre sonra değiştirilmeye ihtiyaç duyacak ya da terk edilecektir. Eğer model çok az bir varsayımla ilişkilendirilerek anlaşılabiliriyorsa modeli dinç olarak niteleyebiliriz. Bir modelin verimliği ise modelin hedefi ne kadar fazla açıkladığının bir göstergesidir. İyi modeller hedefleri olabildiğince açık hale getirirken, zayıf modeller bu açıklık dar sınırlardadır. Verimli model hedefle ilgili yeni bakış açıları ve kavrayış sağlayan modeldir. Diğer önemli bir konu ise modelin zenginleştirilmeye açık olmasıdır. Modelin bu yönü, ne kadar kolaylıkla üzerine eklenebilir ve genişletilebilir olması ile ilgilidir (akt: Weller, 2007; s.3-4).

1.5. Model Çeşitleri

Modellere bazı sıfatlar tanımlayarak kategorize etmek mümkündür. Çünkü tüm modellerin temelinde belirli bir kavrama ulaşmak olsa da tüm modelleri başlı başına kavramsal olarak değerlendirmek sıkıntılı olabilir. Hestenes (1995, s.10-11), tüm modelleri genel olarak aşağıdaki gibi sınıflandırmıştır.

1. *Özelliklerine göre modeller:* Modeller temsil ettikleri sistemlere bağlı olarak özelliklerine göre oldukça farklılık gösterir. Doğal sistemler fiziksel, kimyasal, biyolojik, ekonomik sistemler gibi sınıflandırılabilir. Buna paralel olarak bu sistemleri temsil eden modeller de aynı şekilde sınıflandırılabilir. Araştırmacının amacına bağlı olarak, aynı sistem farklı modellerle temsil edilebilir. Herhangi bir sistem fiziksel bir model olarak temsil edilebilir. Çünkü her sistem fiziksel özelliğe sahip olmasına karşın

biyolojik özelliklere sahip olmayabilir. İçindeki modeller dikkate alındığında, her bilimsel teori, bir dizi karakteristik özelliği nedeni ile birbirinden farklıdır. Örneğin bu özellikler mekanikte, hareket için çok daha geçerli olan materyal ağırlıklı modeller olarak kendini gösterir.

2. *Yapısal özelliklerine göre modeller:* Sistemler dikkate alındığında modeller yapısal olarak birbirinden farklılık gösterir. Modeller nesnel yapı veya davranışsal yapı olarak birbirinden ayrılabilir. Son zamanlarda bazı modeller süreç modelleri olarak da tanımlanmaktadır. Genellikle, bir süreç modeli bir değişkendeki değişime odaklanır. Örneğin bu değişken, enerjinin depolanması, akışı veya yayılması olabilir. Süreç modelleri çoğu zaman tamamlanmamış modellerdir. Çünkü bu modeller sistemin temelinde yatan nesnel yapıyı ihmal eder. Bu durum bazen paradokslara veya yanlışlara yol açabilir.

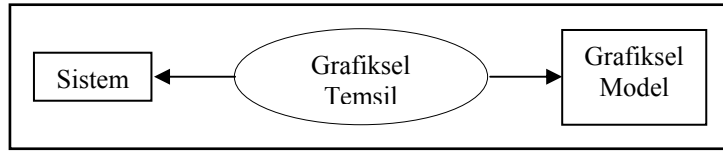
Nesnel yapı açısından modeller basit veya karmaşık olabilir. Basit bir model içyapıyı yansıtmaz. Örneğin mekanikteki bir parçacık modeli veya mühendislikte kullanılan kara kutu modeli bu yapıdadır. Bu modeller yapısal olmayan modeller olarak da anılır. Fakat bir parçacık başka bir şeyle etkileşimde ise bir içyapıya da sahiptir. Sadece bir serbest parçacığın hem dış hem de içyapıya gereksimi vardır. Eğer bir model dış yapıya sahip değil ise bu model kapalı model olarak değerlendirilir. Diğer durumlarda model açık modeldir.

Newton mekaniğinde, her sistem parçacık sistemi ile modellenebilir. Genellikle fizikte, modeller yapısal olarak parçacık ve alan modelleri veya her ikisinin birleşimi olarak sınıflandırılabilir.

3. *Kullanım amaçlarına göre modeller:* Modeller kullanım amaçlarına göre tanımlayıcı, açıklayıcı, tahminsel, rehber modeller gibi sınıflandırılabilir. Tanımlayıcı modeller, modellenecek sistemin sembolik veya simgesel olarak temsil edilmesini kapsar. Açıklayıcı ve tahminsel modeller aslında birbirinden çok farklı olmamakla birlikte, sistemin yapısal özelliklerini ve sistem içersindeki etkileşimleri ortaya çıkarır. Açıklayıcı ve tahminsel

modeller arasındaki ayrım, bu modellerin kullanım amaçları dikkate alındığında ortaya çıkar. Rehber modeller ise, bir sistemin inşa edilmesinde (bir deneyin nasıl yapılacağı gibi) veya var olan bir sistemin kontrol edilmesinde kullanılır yani genellikle işlem basamaklarını içerir.

4. *Temsil etme durumlarına göre modeller:* Modeller bazen sistemleri temsil etme durumlarına göre tanımlanabilir. Örneğin bir deneyden elde edilen sonuçlar grafiksel olarak modellenenebilir. Fakat vurgulamak gerekir ki, grafiksel temsil ile grafiksel model birbirini ile karıştırılmamalıdır. Grafiksel modellerin yorumlanmasında grafikler kullanılır. Grafiksel modeller diğer cebirsel eşitliklerle birlikte ortaya çıktığından, aslında grafiksel model terimini çok sık kullanılması gerekmez.



Şekil 1.6. Grafiksel Model ile Grafiksel Temsil Arasındaki İlişki (Hestenes 1995, s.11)

Matematiksel modeller ise fen bilimleri içerisinde özellikle fizikte oldukça sık kullanılmaktadır. Yapıları ve davranışları matematiksel denklemlerle karakterize edilir. Bu nedenle çoğu özellik değişkeni nicel bir temsile sahiptir. Bu nedenle, sistemin yapısının analiz edilerek yorumlanması için uygun matematiksel modellere ihtiyaç vardır.

5. *Ortaya konma vasıtalarına göre modeller:* Modellerin ortaya konması bir vasıta ile gerçekleşir. Grafiksel veya cebirsel temsiller kağıt üzerinde değişik işaretlerle ortaya konur. Çünkü ortaya çıkan modelin diğerleri tarafından yorumlanması gerekir. Bir kavramsal modelin bir somut araç ile ortaya konması modelin gerçekleştiğini gösterir. Rehber bir model

kullanılarak bir somut sistem inşa edilir ve çalıştırılır. Bu durum modelin gerçekleştiğini belirtir.

1.6. Fen Eğitiminde Model ve Modelleme

Fen bilimlerinde modeller hakkında birçok rol tanımlamak mümkündür. Herhangi bir kompleks olgunun daha açık hale getirilmesi amacıyla bileşenleri arasındaki ilişkiler kullanılarak olgunun daha basit formda temsil edilmesinde, soyut varlıkların ulaşılabilir yapılmasında ya da deneysel sonuçlara ilişkin verilerin yorumlanmasına temel oluşturmada modellerin rolü tartışılmazdır (akt: Justi ve Gilbert, 2002, s.369; Etkina, 2006 vd., s.34). Model ve modellemenin dinamik yani lineer olmayan yapısı nedeni ile bilimsel bilginin gelişimine katkısı oldukça önemlidir (Akt: Justi ve Gilbert, 2002, s.369; Del Re, 2000, s.3).

Fen bilimleri içerisinde kullanılan modeller Hestenes'in de (1995, s.10) vurguladığı gibi, bu alana özgü biçimde çeşitli terimlerle fiziksel görünüşlerine göre birbirinden (örneğin fiziksel ve matematiksel modeller) ayrılır ve modeller geniş bir uygulama alanına sahiptir. Aynı zamanda modeller açıklayıcı, tanımlayıcı veya tahminsel olarak da kategorize edilebilir. Tanımlayıcı bir model hedef ile olabildiğince pozitif analogiye sahip olmalıdır. Örneğin, güneş sistemindeki gezegenlerin yörüngelerini tanımlayan yörünge modeli tanımlayıcı bir modeldir. Bir teoremin ortaya konması ile açıklayıcı bir model geliştirilebilir. Gezegenlerin hareketlerini açıklamak için Newton mekaniğindeki yerçekimi kavramı kullanılarak bir model oluşturulabilir. Bununla birlikte teorik düşünceler de işin içine katılarak tahminler formülize edilebilir. Örneğin Adams ve Le Verier sekizinci gezegen olan Uranüs'ün varlığını yerçekimi kavramını kullanarak geliştirdikleri bir modelle tahmin etmiştir. Bu tahmin yapıldıktan kısa bir süre sonra, Uranüs'ün varlığı yapılan gözlemlerle kesinleşmiştir (Van Driel ve Verloop, 1999, s.1142). Fen eğitiminde sıkça kullanılan açıklayıcı modeller, kişinin zihinsel modele dayandırarak geliştirdiği sözlü, yazılı veya diğer materyaller kullanılarak açıkladığı dış temsildir. Bilginin sosyal yapısı, biliminsanları tarafından geliştirilen, test edilen, fikir birliğine varılan ve açıklayıcı olarak kabul edilen ortak modeller ile tanımlanır. Sonuçta bu ortak

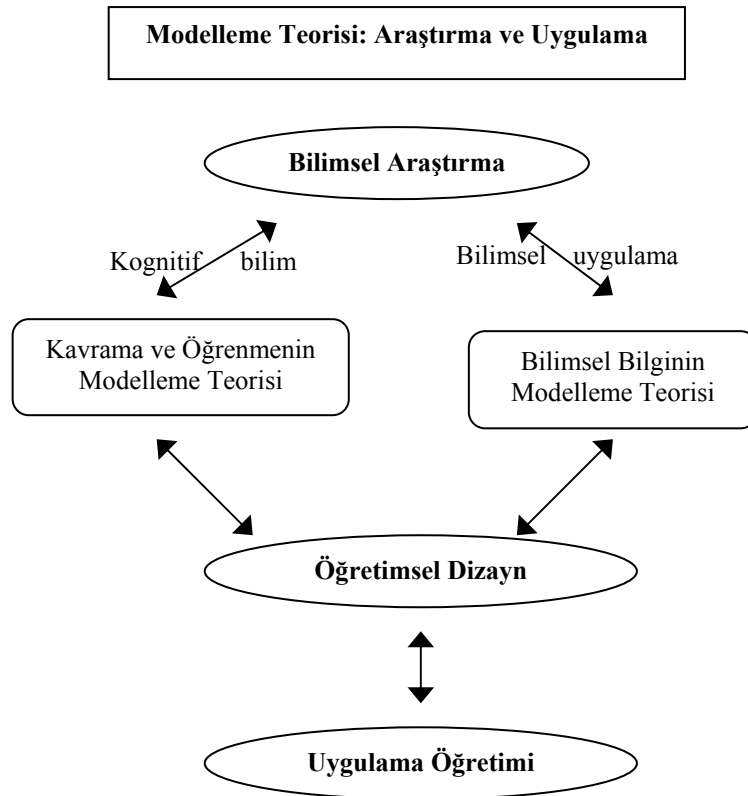
modeller sınıf ortamında öğretmenler tarafından geliştirilir ve hedef sistemin kavratılmasını desteklemek amacıyla kullanılır (Gobert ve Buckley, 2000, s.892). Bu durumda model kullanımı yapılandırıcı öğretim yaklaşımı ile bağdaşarak bilgileri öğrencilerin zihninde yapılandırmaya olanak vermiş olur (akt: Gobert ve Buckley, 2000, s.892).

Öğrenme aktif bir süreçtir ve öğrencinin zihninde bilginin yapılandırılmasını gerektirir (akt: Treagust vd., 2002, s.358). Yapılandırıcı yaklaşım dikkate alındığında, bilimsel modeller önemli bir öğretim aracıdır. Çünkü modeller soyut kavramların somutlaştırılmasına yardım eder, zor-kompleks-gözlenemeyen fen kavramlarını öğrenciler için açık hale getirir (Treagust vd., 2002, s.358).

Herhangi bir öğretim teorisi “ne öğreteceğiz?” ve “nasıl öğreteceğiz?” sorularına cevap verebilmelidir. Birinci sorunun cevabı olarak tüm fen eğitimcileri öğrencilerin “bir bilimsan gibi düşünmeyi” öğrenmeleri ve içerik olarak “bilimsel bilgiyle donatılması” üzerinde hem fikirdir. Fakat bu cevaplar belirli bir öğretim ortamının hazırlanması için yeterli değildir. Einstein’ın geçmişte sorduğu “dikkatli düşünme nedir?” sorusu şekil 1.7.’de ana hatları ile verilen modelleme teorisinde (bkz. Hestenes, 1992; Hestenes, 2006, s.2) cevap bulmaktadır. Modelleme teorisi, varlıklara ilişkin kavramsal modeller geliştirme ve kullanmanın önemini kısaca modellemenin bilimsel düşünmede merkezi bir rol oynadığını vurgulamaktadır. Fakat Gobert ve Buckley’in de (2000, s.891) işaret ettiği gibi, modellerin fen içerisindeki rolleri dikkate alındığında, fen eğitiminde modele dayalı öğrenme ve öğretme konusunda bir teoriye gereksinim vardır. Bununla birlikte, kognitif süreçlere de ihtiyaç duyan modele dayalı öğrenme/öğretme konusunda nasıl bir yaklaşım sergileneceğine ilişkin belirlenmiş uyumlu bir teori mevcut değildir.

Modeller fen eğitiminde merkezi bir rol oynamasına karşın, genellikle modellerin öğrenilmesi ve içeriğinin ne olduğunun anlaşılmasına odaklanılmaktadır. Hala modellerin doğası açıkça tartışılmamaktadır. Bilimsel modeller bilimsel sürecin önemli bir parçası olmasına karşın, fen müfredatlarındaki farklı konulardaki kavramlara ilişkin örnekler modellerin rolü ve bilimsel süreç arasındaki direkt ilişkiye dikkat çekememektedir (Treagust ve diğ, 2002, s.357). Hatta yapılandırıcı öğretim yaklaşımlarının önemle vurgulanmasına karşın, öğrenciler aktif olarak model

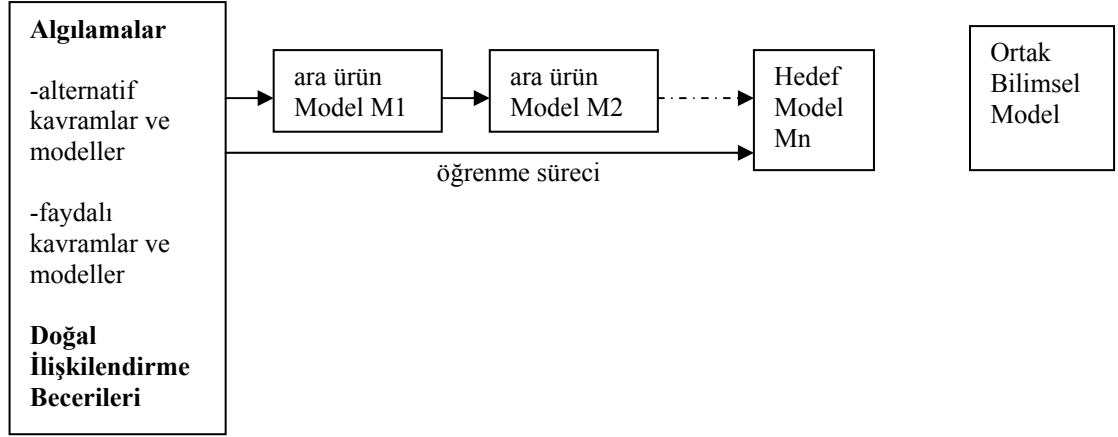
oluşturma ve var olan bir modeli revize etme konularında yeterince teşvik edilmemektedir. Aksine öğretmenler çoğu durumda modelleri öğrenilmesi gereken durağan gerçekler olarak öğrencilerine sunmaktadır (Van Driel ve Verloop, 1999, s.1141). Bilimsel sürecin ayrılmaz bir parçası olarak modeller fen sınıflarında çok çeşitli şekillerde kullanılmaktadır. Öğretmenler bilimsel olguların açıklanmasına yardımcı olmak amacıyla kullanmaktadır. Öğrenciler ise herhangi bir olguyu öğrendiklerini kendi kişisel modelleri ile göstermektedirler. Gerçekten, modeller çoğu zaman soyut bilimsel teorilerin açıklanmasında tek yoldur. (Treagust ve diğ, 2002, s.357).



şekil 1.7. Modelleme Teorisinin Ana Çatısı (Hestenes, 2006 s.2)

Gobert ve Buckley'e (2000, s.892) göre modele dayalı öğretim; bilgi kaynaklarını, öğrenme aktivitelerini ve öğretim stratejilerini bir araya getiren zihinsel model inşasını kolaylaştırmaya yardım eden bir uygulamadır. Modellerin özellikleri dikkate alındığında, modele dayalı öğrenme herhangi bir olguya ilişkin zihinsel model geliştirme olarak tanımlanabilir. Öğrenciler belirli amaçlar için zihinsel modeller geliştirir ve daha sonra bunları değerlendirerek ihtiyaçları doğrultusunda revize eder. Buna karşın zihinsel modellerin içeriğini ve doğasını kesin olarak bilmek mümkün değildir. Model oluşturma temsil edilecek hedef olgunun mekanizmasına, davranışına/fonksiyonuna ve yapısına ilişkin bilgi parçalarının örnek/benzer sistemlerle haritalanması veya tümevarım yoluyla bütünleştirilmesi olarak farz edilebilir. Modelin kullanımı ve değerlendirilmesi öğrencinin kendi modelini red etmesine, yeniden bir model oluşturmaya yol açabilir veya yeniden revize ederek olgunlaştırmasını tetikleyebilir. Modelin yenilenmesi belirli bir durumu daha iyi açıklaması ve tanımlaması için var olan bir modelin bir kısmının modifiye edilmesini kapsar. Modelin olgunlaştırılması ise, var olan modele eklemeler ve yeni ilişkilendirmeler yapılması ile ilgilidir (akt: Gobert ve Buckley, 2000, s.892).

Model dayalı öğretimin önemine karşın Clement'in de (2000, s.1042) belirttiği gibi, fen sınıflarında çeşitli nedenlerden dolayı öğretim süreci içerisinde model geliştirmek çoğu zaman güçtür. Örneğin, saklı açıklayıcı modeller direkt olarak gözlenemezler. Çünkü öğrenciler genellikle yüzeysel öğrenmeye alışkındır. Yeni model öğrencinin daha önceden sahip olduğu kişisel-algısal model ile çelişebilir ve bunu yenisi ile yer değiştirmek için kavramsal değişim organizasyonuna ihtiyaç duyabilir. Clement (2000, s.1042) sınıflarda model geliştirme için modern yaklaşımlara göre şekil 1.8.'deki gibi temel bir çatı önererek bu çatının modellemenin sınıflarda kullanımlarına ilişkin problemlere cevap verebileceğini vurgulamıştır.



Şekil 1.8. Öğrenme Süreci İçerisinde Model Geliştirmeye İlişkin Kavramsal Çatı
(Clement, 2000, s.1042)

Şekil 1.8.'deki çatıda, öğrenme süreci sonucunda ulaşılmak istenen hedef modeldir. Hedef model biliminsanları tarafından kabul edilen ortak modellerle bire bir örtüşmeyebilir. Bu durumda hedef modelin nitel, basitleştirilmiş, analogik olduğu öğretmen tarafından ele alınmalıdır. Ayrıca çatıda belirtilen doğal ilişkilendirme becerileri ve algılamalar öğretimden önce değerlendirilmelidir. Algılamalarla ilgili olarak hedef modelle çelişecek alternatif kavramlar ve var olan bilimsel modellerle uyumlu faydalı kavramlar gözetilerek hedef modelin inşasında tuğlalar olarak kullanılabilir. Öğrenme süreci öğrenciyi algılamalardan hareketle hedef modele doğru sürüklemelidir. Öğrenciler bu süreç içerisinde bir veya birden fazla ara ürün modelleri oluşturarak hedef modele doğru yaklaşır. Buna karşın, öğrencinin hedef modeli önceki alternatif kavramlarıyla yer değiştirip değiştirmediği, yeniden bir model oluşturup oluşturmadığı veya hedef modelin baskın olup-olmadığı ancak alana bağlı olarak yapılacak deneysel çalışmalarla belirlenebilir (Clement, 2000, s.1042-1043).

Justi ve Gilbert (2002, s.372) ise model oluşturabilmek için öğrencilerde üç aşamalı teorik bilgi gelişiminin sağlanması gerektiğini vurgulamıştır. Bu gelişim, aşağıdaki aşamaları kapsamaktadır:

- Olgu ile hedef arasındaki paylaşılan ve paylaşılmayan özelliklerin ayırt edilmesi.
- Bir sistemin kendine özgü bileşenlerinin gelişimi ve konuşlandırılmasının temsil edilmesi.
- Basitleştirilmiş temsiller kullanarak tahmin edilebilir bir fikir ortaya konulması.

Eğer teorik bilgi gelişiminin aşamaları öğrencilere kazandırılırsa, öğrencilerin gelişimini destekleyecek yönde model/modellemeyi çeşitli şekillerde öğretmek mümkün olacaktır.

Birçok bilimsel olgu sınıf ortamına taşınamazken, bu olgulara ilişkin modeller gerek zaman gerekse güvenlik açısından çoğu zaman ulaşılabilir. Öğrenciler genellikle modellerle oynamayı sever ve yapılandırıcı öğretim yaklaşımlarına göre de modelleme önemli bir bileşendir. Bu nedenle fen sınıflarında öğrencilerin model geliştirme, kullanma ve yorumlamaları için yollar aranmalıdır (akt: Harrison ve Treagust, 2000, s.1012).

Günümüze kadar fizik kimya, biyoloji ve mühendislik gibi alanlarda belirli modellerin öğrenilmesi ve öğretilmesi için birçok alanda araştırma yapılmıştır (bkz. Butlin, 1998; Scaife ve Dove, 2000; Bridges, 1998; Lingard, 2003; Mihas, 2003). Buna karşın, modelleme süreci ve öğrencilerin modellerle ilgili kavramları ve de fen eğitimi içerisindeki kullanımı ile ilgili araştırma sayısı oldukça azdır. Özellikle öğrenciler modellere ilişkin deneyimsiz kanılara dayanan düşüncelere sahiptir. Örneğin öğrenciler genellikle modelleri gerçeklerin farklı bir ölçekteki birer kopyası olarak algılamaktadır. Biraz daha büyük öğrenciler ise modellerin belirli bazı amaçlar için geliştirildiğini ve zaman içinde yeni elde edilen deneysel sonuçlar doğrultusunda değiştirilebileceğini düşünmektedir. Modellerin açıklayıcı ve tahmin etme fonksiyonları nadiren bazı öğrencilerin bilgi dağarcığında yer almaktadır (Grosslight vd., 1991, s.818-820). Van Driel ve Verloop (1999, s.1150–1151) ise, öğretmenlerle yaptıkları çalışmada, çoğu öğretmenin modelleri gerçeklerin basitleştirilmiş veya şematik temsilleri olarak düşündüklerini sonucunu elde etmiştir. Benzer bir araştırmada Harrison (2001, s.431), ders kitapları ve öğretmenlerin

bilimsel fikirleri öğrenciler için nasıl modellediklerini incelemiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda, modellere en fazla kimya ders kitaplarında yer verilmesine rağmen çoğu kimya öğretmenin ders kitaplarında bulunan modellerin farkında olmadıkları fakat buna karşın modellerin en az fizik ders kitaplarında yer aldığı fakat fizik öğretmenlerinin ise daha çok ve yaratıcı modeller kullandıkları tespit edilmiştir. Yukarıda sonuçları açıklanan araştırmalar gösteriyor ki, gerek öğretmenler, gerek öğrenciler ve gerekse fen ders kitapları model ve modelleme ile ilgili bazı sıkıntılara sahiptir.

Modellemenin öğretim içerisinde önemle vurgulanmasının epistemolojik ve kognitif nedenleri vardır (Hestenes, 1995, s.4–5).

Epistemolojik nedenler

Modeller teorilere göre belirgindir. Modeller öğrencilere teorik prensiplerden daha dikkat çekici gelmektedir. Çünkü modeller çoğu durumda direkt olarak somut nesnelere odaklanır.

Modeller test edilebilir, teori soyuttur. Teorik prensipler deneysel olarak modeller aracılığı ile test edilebilir. Yani başka bir deyişle, teoriler gerçek dünya ile ancak modeller sayesinde ilişkilendirilebilir.

Modeller tutarlı bilimsel bilginin temel birimleridir. Teoriler aslında model popülasyonudur ve modellerin çeşitli hipotezlerle birbirine bağlanmasıdır (akt: Gilbert, 1997, s.6). Bir teorinin tutarlılığı ve tamamlanmışlığı ancak barındırdığı modeller ile açık hale getirilebilir. Örneğin, Newton teorisi ile bir parçacık modeli geliştirebilmek için, tüm Newton kanunları koordineli bir şekilde uygulanmalıdır. Belirli modellerden başka, Newton kanunlarından birinden diğerine geçmenin yolu yoktur.

Kognitif nedenler

Soyutlama: Teorik prensipler somutlaştırılarak en iyi modellerden öğrenilir. Çünkü modeller prensipler için kontekst sağlar. Yani modeller teori ile gerçek arasında bir köprü kurar. Bu şekildeki köprülerin kurulamaması ciddi kavram yanlışlarına yol açabilir.

Kategorize etme: Kognitif alanda yapılan çalışmalar göstermiştir ki, insanlar nesneleri benzerliklerine göre sınıflamayı nesnelerin özelliklerini tanımlamaya tercih etmektedir. Doğal sınıflandırma, bilimsel sınıflandırmadan temelde farklılık gösterir. Modeller ikisi arasında bir köprü oluşturarak birbirine yaklaştırır.

Bu açıklamalar modellemenin neden önemli olduğu hakkında fikir vermektedir. Tablo 1.3.'de modellemenin öğretim amaçları verilmiştir (Hestenes, 1995, s.6; Wells vd., 1995, s.21).

Tablo 1.3. Modelleme Öğretiminin Temel Amaçları (Hestenes, 1995, s.6; Wells vd., 1995, s.21).

<i>Modelleme Öğretiminin Temel Amaçları</i> • Öğrencilerin model geliştirerek veya bilimsel model kullanarak bir olguyu tanımlama, açıklama, tahmin etme ve kontrol altına alma yoluyla fiziksel dünyayı anlamalarını sağlamak. • Öğrencilere modelleme için özellikle matematiksel, grafiksel ve diagramatik fiziksel nesne ve süreçlerle ilgili kavramsal araçlar sağlamak. • Öğrencilere temel modelleri tanıtmak. • Öğrencilere modellerin teorilere yansıdığını fark ettirerek bilimsel bilginin yapısı hakkında bir bakış açısı sağlamak. • Öğrencilerin bilimsel modelleri deneysel verilerle karşılaştırarak değerlendirmeleri sonucunda bilimsel bilginin nasıl geçerli hale geldiğini fark ettirmek. • Bilimsel bilginin gelişiminin bir gereği olarak öğrencilerin modelleme becerisi kazanmasını sağlamak.

Hodson (akt: Justi ve Gilbert, s.369–370) ise, fen eğitimi için temel eğitimi için başlıca üç amaç önermiştir. Birincisi *fen öğrenmek*, fenin ürünlerini anlamak-ikincisi *fen hakkında öğrenmek*, fenin tarihini ve metodolojisini öğrenmek-üçüncüsü ise *fen yapmayı öğrenmek*, fen ürünlerinin oluşturulmasına katkıda bulunmaktır. Bu amaçlar model ve modellemenin fen eğitiminde merkezi bir rol üstendiğini de işaret etmektedir. Öğretmenler teorilerin anlaşılmasına yönelik oluşturulan kavramsal

modellerle ilgili olarak öğrencilerin zihinsel modeller oluşturmalarına yeterince fırsat vermemektedir. Bununla birlikte öğrenciler anlamadıkları uzayıp giden formül ve tanımlamalarla kendilerinin sınırlandırıldığını hissetmektedir. Çünkü öğrenciler tanımlanan olguyu kendilerinin geliştireceği bir zihinsel modelle göre yorumlamamaktadır (Greca ve Moreira, 2000, s.7). Aslında öğrenme bir olguya ilişkin kazanılmış doğru ve kişiye özel bir zihinsel modelin varlığına işaret eder. Bu nedenle öğrencilerin; fen öğrenirken, kullanılan temel bilimsel modellerin doğasını, sınırlılıklarını ve kapsamını da öğrenmelidir. Öğrenciler, fen ürünlerinin oluşturulmasında modellerin rolünü anlamalı, bunun yanı sıra kendi modellerini geliştirebilmeli, açıklayabilmeli ve test edebilmelidir (akt: Justi ve Gilbert, 2002, s.370; Harrison ve Treagust, 2000, s.1013–1014; Greca ve Moreria, 2000, s.4-5).

Bilimsel olarak kabul edilen bilgiyle donatılmış uygun iç temsilleri öğrencilerin geliştirebilmesi modelleme ile mümkündür (Greca ve Moreira, 2000, s.8). Modelleme birçok aktiviteyi kapsayan karmaşık bir süreçtir. Bu nedenle ilgili becerilere sahip olunması gerekir. Lehrer vd. (Justi ve Gilbert, 2002, s.372)'in belirttiği gibi, model oluşturma becerisi olgu ile hedef arasındaki epistemolojik ilişkilerin kademeli olarak değerlendirilmesi ile mümkündür. Eğer bu ilişkiler kademeli olarak ortaya çıkarılırsa, öğrencilere bu yolla model ve modellemenin çatısını öğretmek daha kolay olacaktır. Justi ve Gilbert (2002, s.372), literatüre dayandırarak model ve modellemenin öğrenilmesi için gerekli beş yaklaşım üzerinde durmuştur. Öncelikle öğrencilere kullanılan ortak (fikir birliği ile kabul edilen) modellerin öğretilmesi gerekir. Glynn vd. (Justi ve Gilbert, 2002, s.372–374), bu amaca ulaşabilmek için öğrencilere hedef modelin, öğretim modelinin, öğretim modeli ile hedef model arasındaki geçerli ve eşleşen özelliklerin, her ikisi arasındaki benzerliklerin, her ikisi arasındaki analogilerin ne zaman geçersiz olduğunun tanıtılması ve modellenecek hedefin doğası ile ilgili sonuçların analiz edilmesi gerektiğine işaret etmiştir. Bu yaklaşım bir öğretim modeli ve akabinde hedef modeli açıklayabilmeye odaklanır. Bu süreç bir zihinsel model gerektirir. Bununla birlikte bu aşamada zaten öğretmen tarafından bilinen önceden geliştirilmiş model kullanılması nedeniyle modellemenin diğer bileşenleri gizli kalır. Aslında bu süreç var olan bir modelin zihinsel olarak tekrar geliştirilmesine işaret eder. Öğrencilerin

anlaması gereken diğer konu da modellerin nasıl kullanıldığıdır. Bu süreçte öğrenciler kullanılan modellerin doğasını anlamaktan bir adım daha öteye geçerek, belirli modelleri kendi alanlarında kullanır. Temsil edilen olguya veya davranışa ilişkin modelin ortaya çıkardığı pozitif sonuçlara odaklanırlar. Öğrenciler için diğer önemli bir konu da modellerin belirli durumlarda revize edildiğini fark etmeleridir. Bu aşamada ise öğrenciler önceki işlemlerden farklı olarak daha fazla zihinsel aktivitelere yönelir. Bunun takip eden süreçte ise öğrencilerin bir modelin nasıl geliştirildiğini anlamaya ihtiyacı vardır. Bu amaçla, ayrıntıları öğrenciler tarafından bilinmeyen fakat var olan bir model öğrenciler tarafından yeniden geliştirilir ve ortaya çıkan modeller birbirleri ile ve de mevcut modelle karşılaştırılır. Son olarak ise öğrencilerin kendi orijinal modellerini yaratmalarına fırsat verilmelidir (akt: Justi ve Gilbert, 2002, s.372-374). Tablo 1.4.'de Amerikan Bilimi İlerletme Birliği (AAAS), değişik yaş gruplarındaki (sınıf düzeylerinden) öğrencilerin modellerle ilgili hangi bilgilere sahip olması gerektiği belirtilmiştir (akt: Ünal ve Ergin, 2006, s.193).

Tablo 1.4. Öğrencilerin Sınıf Düzeylerine Göre Modeller Hakkında Bilgileri

Sınıf Düzeyi	Model Bilgisi
2. sınıf (İlköğretim I. Kademe)	- Ölçek modeli şeklindeki oyuncaklarla oynar. - Modelin gerçek olmadığını ancak, gerçek şeyler hakkında bilgi almak için kullanıldığını bilir. - Bir nesneyi tanımlarken, neye benzediğini söyler.
3.-5. sınıf (İlköğretim I. Kademe)	- Bir model üzerinde yapılan değişikliklerin, modelin karşılık geldiği varlık üzerinde oluşturacağı sonuçları görebilir. - Geometrik şekiller, sayı dizileri, grafikler, diagramlar, haritalar ve öykülerin gerçek yaşamdaki nesneleri, olayları ve süreçleri göstermek üzere kullanıldığını ancak, her ayrıntısıyla gerçeği karşılayamayacağını farkına varır.
6.- 8. sınıf (İlköğretim II. Kademe)	- Modellerin doğrudan gözlenemeyecek kadar çok yavaş, çok hızlı, çok küçük ya da çok büyük ölçeklerde yada deneyimlemenin tehlikeli olduğu süreçleri göstermek üzere kullanıldığını bilir. - Matematiksel modelleri bilgisayarda gösterebilir ve üzerinde değişiklikler yapabilir. - Tek bir hedef kavramı birden fazla modelle gösterebilir. - Amacına uygun olarak hangi modeli kullanacağına karar verebilir.
9.-12. sınıf (Lise)	- Matematiksel modelin temel amacının, incelenen varlığın ya da sürecin davranışındaki matematiksel ilişkileri bulmak olduğunu farkındadır. - Herhangi bir modelin yararının, gerçek gözlemlerin sonuçlarının doğru tahmin edilebilirliğini sağlamasıyla oluştuğunu anlar. Her ne kadar yakın sonuçlar verse de bir modelin "gerçeğin" yerini tutan tek doğru model olmadığını bilir. - Benzetişimler (simülasyonlar) için bilgisayarların matematiksel modellerle birlikte güçlü bir araç olduğunu farkına varır. Karmaşık işlemler uygulayabilir.

Modellerin öğrencilere hazır biçimde sağlanmalı mı yoksa onun yerine öğrenciler tarafından geliştirilmeli mi soruları tüm tartışmalara rağmen hala sallantıda kalmaktadır. Gravemeijer (akt: Dijk vd., 2003, s.54) şuna işaret etmektedir; modelleri öğrencilere tanıtmak bu modellerin aktarımını ve uzmanların onlara yüklediği anlamları kısıtlamaktadır. Diğer taraftan model geliştirme şunu ima eder; öğrenciler öncekilerden farklı olarak yeni bir şey üretir. Öğrenciler kendi aktivitelerinden model geliştirebilir. Modelleme becerilerinin geliştirilebilmesi için uzun bir zamana ihtiyaç vardır. Bir model oluşturmak, modeli tamamlayan makro düzeydeki özelliklerin mikro düzeydeki özelliklerden (modelin bileşenleri) ortaya çıkışını fark etmeyi gerektirir (Justi ve Gilbert, 2002, s.374). Modelleme biliminsanlarının özellikle fizikçilerin bilimsel teorilerin meydana getirilmesinde ve uygulanmasında kullandığı temel aktivitelerinden biridir ve Halloun'un (akt: Greca ve Moreira, 2000, s.7) da belirttiği gibi fizik öğrenme aslında modelleme oyununu oynamaktır. Bununla birlikte bu oyunu oynamak bazen zor ve pahalı olabilir fakat ancak bu sayede öğrenciler birer fizikçi gibi hareket edebilir (Greca ve Moreira, 2000, s.7).

1.7. Fen Eğitiminde Sıklıkla Kullanılan Bazı Modeller

1.7.1. Zihinsel Modeller

Zihinsel model, bir durumun veya sürecin yapısal olarak benzerini eylem olarak dışa vuran bir iç temsildir (akt: Greca ve Moreira, 2000 s.5; Gobert ve Buckley, 2000, s.892; Gilbert, 2004, s.117). Zihinsel modellerin rolü kişiye bireylerin söylevlerini anlamasına, temsil edilen fiziksel sistemle ilgili olarak açıklamasına ve tahmin etmesine olanak vermesidir. Bu nedenle, biliminsanları ve öğrenciler deneyimlerini yorumlamak ve fiziksel dünyaya ilişkin bir bakış açısı sağlamak amacıyla zihinsel modeller geliştirir (Coll ve Treagust, 2001, s.687).

Zihinsel modellerle ilgilenen başlıca biliminsanlarından biri olan Jonhson-Laird'e (akt: Palmieri, 2003, s.233) göre, bireyler dünyaya ilişkin bilgilerini temsil etmek için a) önerme temsilleri b) zihinsel tasvirler c) zihinsel modeller şeklinde üç farklı formda zihinsel temsil kullanır. Jonhson-Laird bu savını kognitif psikoloji

içersinde üçlü kod olarak isimlendirmiştir. Önerme temsilleri bakış açısına göre, bu temsiller zihinsel düşünce diline dayanan zihinsel temsillerin oluşturduğu tek bir sisteme sahiptir. Bu temsillerde mantık kurallarına göre çıkarım yapılır. Önerme temsilleri, sözlü olarak açıklanabilen ve gerçeklik değeri zihinsel modelin yorumlanmasına bağlı olan belirli söz dizim ile birbirine bağlanmış semboller dizisidir. Önerme temsilleri, semboller halkası olarak da tanımlanabilir ve formal mantıksal ilişkilere ihtiyaç duyar. Örneğin bir tanım veya denklem zihinsel olarak temsil edildiğinde onun gerçeklik değerinin saptanması için raportör olarak yine bir zihinsel modele ihtiyaç duyulur. Zihinsel tasvirler gözlemleyicinin bakış açısına göre bir durumun yalnızca algılanabilir görünüşleri temsil eder. Zihinsel tasvirler verilen bir perspektiften modelin görüntülenmesi olarak da farz edilebilir. Zihinsel tasvirler aslında kısaca modele bakış açısıdır. Zihinsel modeller ise bir durumu kişilerin zihinsel emareleri ile temsil eder. Aynı zamanda bu emareler arasındaki özellikleri ve ilişkileri temsil ederler. Bu nedenle en basit zihinsel model bile temsil ettiği durumun yapısı ile ilişkili analogik bir yapıya sahiptir. Zihinsel modeller fiziksel dünyanın bir analogik yapısıdır. Zihinsel modeller organizmadaki sinirsel sistemin sağladığı algılama yeteneğine bağlıdır. Bu nedenle, algılama zihinsel modellerin temel kaynağıdır. İnsan yapısı dünyayı doğrudan kavrayamaz fakat bu kavrama bir iç temsille gerçekleşir ki, bu durum zihinsel modelin algılama sonucunda geliştirildiğine işaret eder. Herhangi bir duruma ilişkin algılama, geliştirilebilen zihinsel bir model tarafından sağlıklı duruma getirilir. İçselleştirilmiş deneyimler ve sosyal etkileşimler modeller için diğer kaynakları meydana getirir. Zihinsel modeller algılamayı etkileyen bu diğer kaynaklar tarafından üretilir. Bu nedenle bir zihinsel modelin geliştirilme sınırları, dünyanın yapısının algılanışı/kavrayışı ile kişisel ontolojik inançlardan-kognitif sistemdeki çelişkilerin ileri sürülmesinden-bireylerin önceki bilgilerinden ortaya çıkar. Şunu anlamak önemlidir ki, zihinsel modeller belirli bir problemin çözülmesinde üretilen dinamik ve problemle ilgili yapılardır. Zihinsel tasvirler ve zihinsel modellerin ilginç bir özelliği temsil ettikleri durumla ilgili izomorfik bir ilişkiye sahip olmalarıdır. Fakat zihinsel modeller özgür yaratıcılığa, soyut elementlere ve şifreleme yeteneğine sahiptir. Bununla birlikte zihinsel modeller, parçalanmamış yani bütün halindeki kinematik ve dinamik yapıya

sahip durumları da temsil edebilir (akt: Palmieri, 2003, s.232–237; Greca ve Moreira, 2000, s.3-4).

Zihinsel modeller birçok şekilde sınıflandırılabilir. Norman’a (akt: Coll ve Treagust, 2003, s.686) göre zihinsel modeller, hedef sistem-öğrencinin çalışmaya teşebbüs ettiği sistem, sistemin kavramsal modeli-hedefin sistemin uygun bir biçimde temsil edilmesi, kullanıcının sisteme ilişkin zihinsel modeli ve bilim insanlarının hedef durumu kavramsallaştırması olarak ele alınabilir. Zihinsel modeller fiziksel ve kavramsal modeller olarak ikiye de ayrılabilir. Fiziksel modeller fiziksel dünyayı temsil eder. Kavramsal modeller ise daha soyut konuları temsil eder. Bununla birlikte, fiziksel-zihinsel modeller gerçek veya tasvir edilen fiziksel varlıkların zihinsel olarak inşa edilmesinde kullanılır. Kavramsal-zihinsel modeller ise kavramların, modellerin ve soyutlamaya ilişkin kavramların zihinsel inşasında kullanılır (akt: Coll ve Treagust, 2003, s.686).

Zihinsel modellerin temel rolü kişi tarafından temsil edilecek fiziksel sistem hakkında kişiye açıklama ve tahmin sağlamaktır. Fakat zihinsel modeller tamamlanmamıştır-değişkendir/kararsızdır (insanlar modellerinin ayrıntılarını unutabilir veya modellerinden vazgeçebilir), sınırları iyi tanımlanmamıştır-çoğu zaman bilimsel değildir (zihinsel modeller temsil edilen sisteme ilişkin insanların inançlarını yansıtır)-kısıtlıdır (insanlar genellikle az zihinsel çaba gerektiren modelleri tercih eder). Bireylerin zihinsel modelleri çelişik, hatalı ve gereksiz kavramlara bağlı olarak geliştirildiğinden eksiktir ve sürekli evrim geçirir. Zihinsel modeller nedensel bir yapıya sahip olup, bireylere tanımlama, açıklama ve tahmin etme olanağı verdiği için de fonksiyoneldir. Ayrıca gözlemciye bağlı olduklarından benzersizdir (akt: Greca ve Moreira, 2000, s.3; Borges ve Gilbert, 1999, s.96; Coll ve Treagust, 2001, s.687; Coll ve Treagust, 2003, s.358; Örnek, 2008, s.36).

Zihinsel modellerle ilgilenilmesinin iki nedeni vardır. Birincisi, kognitif işlemlere olan etkisi, diğeri ise zihinsel modellerin fen eğitimi araştırmacılarına öğrencilerin bilginin temelinde yatan kavramsal çatıları ile ilgili olarak değerli veriler sağlamasıdır (Coll ve Treagust, 2003, s.686). Son zamanlarda kognitif psikolojinin öğrenme ve öğretim süreçlerine katkısı şüphe bırakmayacak kadar önemlidir. Bu katkının temel nedeni özellikle bilginin ne şekilde temsil edileceği ile ilgilidir.

Kognitif psikolojinin ortaya koyduğu zihinsel modellere ilişkin araştırmalar bilginin temsil edilmesi ile ilgili önemli ipuçları vermektedir. Zihinsel model gerçek fiziksel durumla ilgili zihinsel bir simülasyon olarak da düşünülebilir (akt: Greca ve Moreira, 2000, s.3).

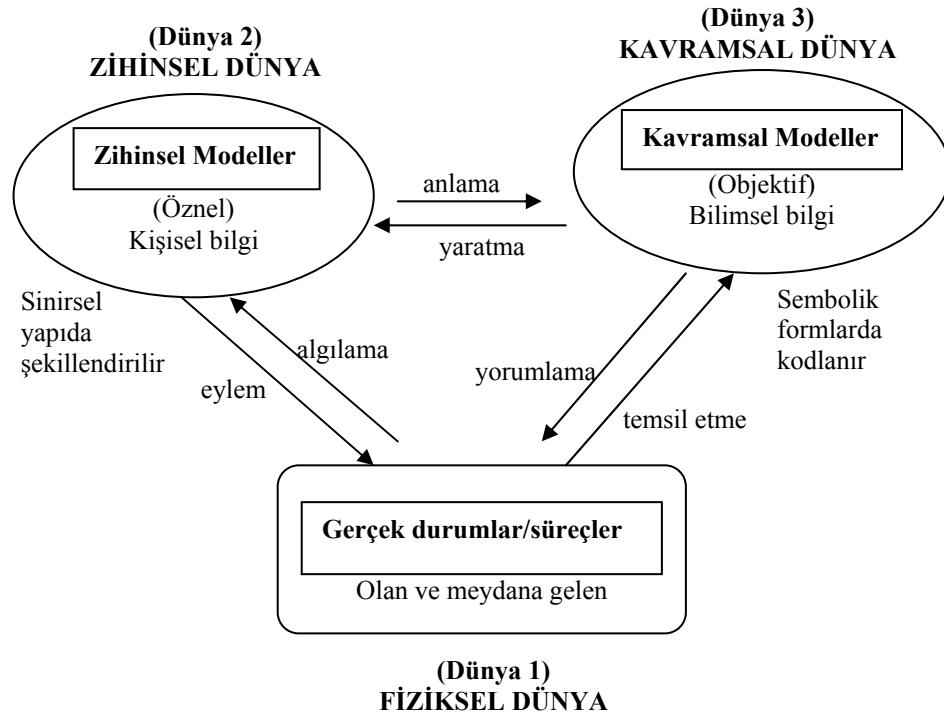
Kognitif psikolojiye ilişkin çalışmaların fen eğitiminde giderek artan çalışmalarla bütünleştirilmeye başlanılmasından sonra önemli sonuçlar ortaya çıkmıştır. (akt: Greca ve Moreira, 2000, s.1-2; Franco vd., 1999, s.276-278). Örneğin fen eğitiminde kavramsal değişim ve kavram yanılgıları gibi araştırma alanlarında, öğrencilerin dünyaya ilişkin bilgileri nasıl inşa ettikleri, yorumladıkları ve zihinsel olarak nasıl temsil ettikleri odak noktası haline gelmiştir. Bu nedenle özellikle zihinsel modeller fen eğitiminin önemli bir bileşeni olan modellerin temelini oluşturmaktadır. Öğrenciler öğrendiklerini sahip oldukları zihinsel modeller aracılığı ile diğerlerine yansıtır. Bir bilimsel teorinin anlaşılması için, teorinin fiziksel modeline ilişkin zihinsel modelin geliştirilmesi gerekir (akt: Greca ve Moreira, 2000, s.3-4). Psikolog Ausubel'e (akt: Taber, 2003, s.732) göre anlamlı öğrenme ile rutin öğrenme arasındaki farkı, anlamlı öğretilerde öğrencilerin zihinsel yapılarındaki bilgilerle yeni bilgileri ilişkilendirmesi oluşturur. Bu ise kazanılmış zihinsel modelin yeni bilgilere açık olması ile ilgilidir. Duit ve Glynn'e (akt: Ünal ve Ergin, 2006, s.194) göre de anlamlı öğrenme, öğrencilerin kavramsal modellerden yola çıkarak oluşturdukları zihinsel modellerin evrimine bağlıdır. Bir bilim insanı bilimsel bulgularını sunarken, matematiksel mantığın öngördüğü formülleri ve var olan kavramsal modelleri kullanır. Burada aslında sahne arkasında zihinsel modellerin yer aldığı açıkça görülmektedir. Öğrencilerin oluşturduğu zihinsel modellerin kalitesi kavramların anlaşılıp anlaşılmadığının, bilginin yapılandırılıp yapılandırılmadığının bir göstergesi olarak önemli bir yere sahiptir (akt: Ünal ve Ergin, 2006, s.194). Bilim insanları ve öğrenciler fiziksel dünyaya ilişkin bir bakış açısı oluşturabilmek ve deneyimlerini anlamlandırabilmek amacıyla sürekli zihinsel temsiller geliştirir. Fakat fen eğitiminde öğrencilerin zihinsel modellerini sınırlı olarak kullandığına ilişkin fen eğitimi literatüründe birçok çalışma vardır. (akt: Borges ve Gilbert, 1999, s.96).

1.7.2. Kavramsal Modeller

Nersessian (akt: Greca ve Moreira, 2000, s.5) zihinsel modelleri olgu ile sonuçta ortaya çıkan matematiksel model arasındaki analiz aşamalarında kullanılan bir vasıta olarak niteler. Bu matematiksel model bir kavramsal modeldir. Genel olarak bir kavramsal model araştırmacılar, öğretmenler veya mühendisler tarafından oluşturulan kavramaya, sistemlerin öğretilmesine ve dünyadaki ilişkilerin ortaya çıkarılmasına yardımcı olan bir dış temsildir. Norman'a göre (akt: Greca ve Moreira, 2000, s.5) kavramsal modeller kesin, tamamlanmış ve bilimsel olarak kabul edilen bilgiyle örtüşen temsillerdir. Halbu ki zihinsel modeller içsel, kişisel, tamamlanmamış, kararsız, özel durumlarla ilgili olmasına karşın kavramsal modeller toplumla paylaşılan ve bilimsel bilgiyle bağdaşık dış temsillerdir. Bu dış temsiller, matematiksel formüllerle, analogilerle veya materyallerle somutlaştırabilir. Materyal olarak bir su pompası, atom modeli ile güneş sistemi arasındaki analogi ve nükleer fizikteki kabuk modelinin matematiksel formülü bu somutlaştırmaya örnek olarak verilebilir (Greca ve Moreira, 2000, s.5; Örnek, 2008, s.37).

Aslında tüm modeller Hestenes'in de (2006, s.10) vurguladığı gibi fiziksel dünyayı anlamak için birbirini etkileyen kavramsal ve zihinsel modellerin etkileşiminden ortaya çıkmaktadır. Hestenes'in fiziksel dünya, zihinsel dünya ve kavramsal dünya olarak nitelendirdiği üç farklı dünya da zihinsel ve kavramsal modellerin birbiri ve fiziksel dünya ile nasıl etkileşim içinde bulunduğu şekil 1.9.'da gösterilmiştir.

Öğretirken alışagelen bir varsayım şudur ki, öğrencilerin edinilmiş veya inşa ettikleri zihinsel modeller kavramsal modellerin bir kopyası olarak düşünülerek öğrencilere sunulmaktadır. Bu karışıklık bazen araştırmacıların analogileri öğretim amacıyla kullanmaları esnasında da ortaya çıkabilmektedir. (Greca ve Moreira, 2000, s.2) Örneğin Gentner ve Gentner (akt: Greca ve Moreira, 2000, s.2) elektrik akımının analogiler ile açıklanmasına bağlı olarak öğrencilerin bu konu ile ilgili zihinsel modeller geliştireceklerini ve bu modellerin kavramsal modellerle uyumlu olacağı ve de öğrencilerin ilgili problemsel durumları çözebileceklerini umarak bir araştırma yaptıklarında sonucun hiç de istenildiği gibi olmadığını görmüştür.



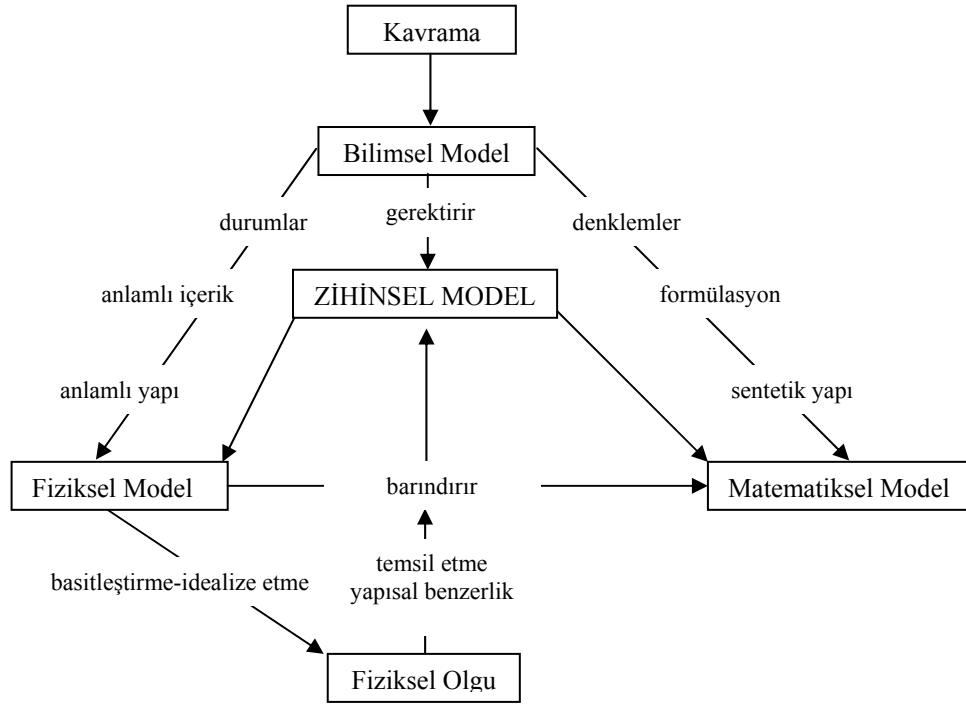
Şekil 1.9. Zihinsel ve Kavramsal Modeller Arasındaki İlişki (Hestenes, 2006, s.10)

Zihinsel modeller kişisel, tamamlanmamış ve niteldir (Greca ve Moreira, 2000, s.8; Borges ve Gilbert, 1999; s.96). Bu durumda fen sınıflarında kavramsal modeller devreye girmelidir. Öğrenciler bilimsel bilgiyi aldıklarında farklı olasılıklara sahip olacaklardır. İlk olasılık, kendi sahip olduğu bilgiyi de dikkate alarak yeni bilgiyi yorumlamaya teşebbüs edecek ve bir hibrid model oluşturacaktır. İkinci olasılık, değerlendirmeyi geçebilmek için iç önerme temsillerine göre ezberlediği ilişkisiz bilgi listesinden onu hatırlamaya çalışacaktır. Üçüncü olasılık ise, belki zor bir olasılıkla, bu bilgi kullanarak yeni bir zihinsel model geliştirecektir. (Greca ve Moreira, 2000, s.8). Bu iş öğretmenler için hiçte kolay değildir. Öğretmenler modelleme sürecinin oldukça karmaşık ve kendi bilgilerinin bu amaç için yeterli olmadığını düşünmektedir. Asıl sorun ise, öğrencilerin tamamlanmamış, kararsız ve içsel bu temsillerini nasıl ele geçirip kontrol altına alınacağıdır (Greca ve Moreira, 2000, s.8; Jonassen ve Strobel, 2006, s.4). Bu ise gerçekten çok zordur.

1.7.3. Fizik ve Matematiksel Modeller

Fiziksel bir teori, matematiksel sembollerin ve bunlara ait matematiksel dilbilim işaretlerin bir arada kullanılarak bir sistemin temsil edilmesidir. Matematiksel dilbilim işaretleri teorinin açıklamaya çalıştığı fiziksel olguya ilişkin durumları organize eder ve söz konusu teorinin kontekstine bağlı olarak anlam kazanır. Fiziksel teori ile gerçek durum arasındaki köprünün kurulmasına ise fiziksel modeller aracılık eder. Eğer teoriye ilişkin durumlar bir fiziksel sistemle basitleştirilerek ya da idealize edilerek ilişkilendirilirse ortaya çıkan sonuç tanımlama bir fiziksel modeldir. Örneğin bir gaza ait fiziksel modelde gazın ideal bir şekilde elastik çarpışmalarla birbirini etkileyen küçük bilyelerden oluştuğu farz edilir ki, artık gaz gerçek değildir ve ideal durumda olmalıdır. Çünkü ancak bu durumda klasik mekanik kanunları bu gaz için uygulanabilir. Fiziksel modeller teorinin olası gelişime bağlı olarak bütün olarak geliştirilir. Fiziksel modeller olgunun sınırladığı tasvir ve metaforlardan yararlanır. Eğer bilimsel bir model formüle edilebilen soru ve açıklamalarla belirli bir bakış açısı oluşturabilirse, fiziksel modeller bunlara bağlı olarak olgunun anlaşılmasını sağlar. Örneğin basitleştirerek, bağlantıları göstererek, gerekli sınırlamaları dikkate alınmasını sağlayarak veya direkt olarak gözlenemese de içyapıyı (örneğin atomun yapısı) yansıtarak olguyu tanımlar (Greca ve Moreira, 2002, s.107–108; Örnek, 2008, s.42).

Öte yandan matematiksel semboller teorinin biçimini şekillendirir. Bunlar içerik olarak anlamlı olmayan ifadelerdir ve bu sentetik yapı teorinin matematiksel modelini oluşturur. Matematiksel model, teoriye ilişkin durumları denklemler halinde açıklayan tündengelime bağlı olarak ifade edilmiş aksiyomatik sistemden meydana gelir. Fiziksel model anlamlı bir şekilde yorumlandıktan sonra değişkenlerin denklemler içerisindeki değerleri tanımlanır. Bu nedenle fiziksel model şekil 1.10’da gösterildiği gibi matematiksel model ile birlikte ortaya çıkar (akt: Greca ve Moreira, 2002, s.107).



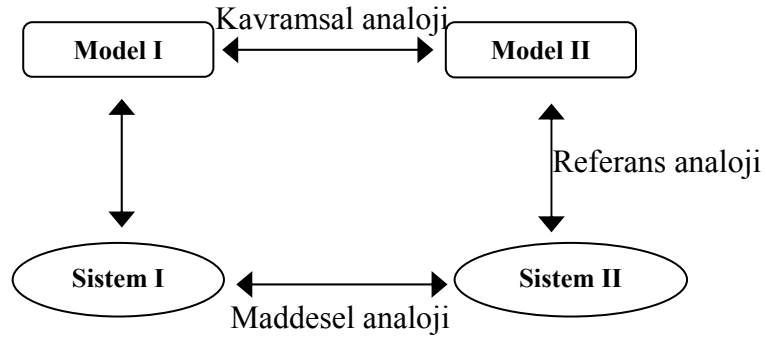
Şekil 1.10. Fiziksel Bir Olgunun Kavranmasının Fiziksel ve Matematiksel Modellerle İlişkilendirilmesi (Greca ve Moreira, 2002, s.111).

1.7.4. Analogik Modeller:

Analojiler modellerin ve modelleme işleminin temelini oluşturur. Herhangi bir konu ile ilgili bir model kullanmanın veya bir model oluşturmanın amacı, öğretilmesi-öğrenilmesi güç olan olguların uygun analogiler kullanarak anlaşılır hale getirilmesi ya da basite indirgenmesidir. Bu nedenle analogi, modelleme stratejisinin vazgeçilmez bir bileşenidir (Geban vd., 1999, s.176-177).

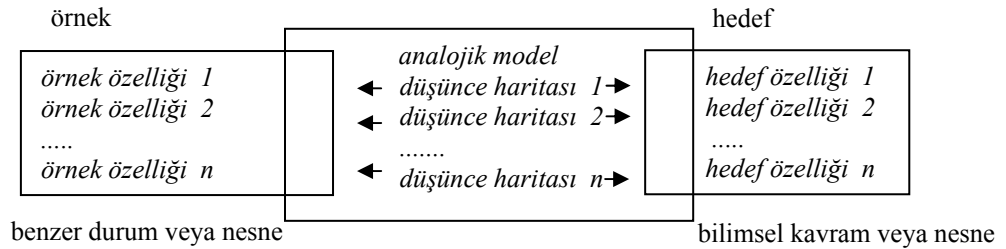
Hestenes (2006, s.9), analogileri şekil 1.11.’deki gibi üç başlık altında toplamıştır. Deneysel gözlemler ve ölçümler verilen bir model ile modelin ilgisi olduğu sistem arasında bir analogi belirler. Bu nedenle Hestenes bu tip analogileri referans analogileri olarak isimlendirmiştir. Maddesel analogiler, maddesel sistemlerin veya süreçlerin yapısal özellikleri ile ilişkilidir. Örnek olarak, gerçek bir otomobilin ölçeklendirme modeli ile geometrik olarak benzerinin yapılması verilebilir.

Kavramsal analogiler ise birçok alanda kullanılması alışıla gelen ve araştırmalarda üretken rol oynayan analogilerdir. Maxwell, elektriksel-mekaniksel analogileri açıkça kullanmıştır.



Şekil 1.11. Analoji Çeşitleri

Analogiler çoğu zaman sözeldir fakat modeller ise bir yapıya veya bir resme sahiptir (akt: Harrison, 2001; s.403). Analogik modeller bilimsel iletişimde kullanılan ölçeklendirilmiş-genişletilmiş nesneler, semboller, denklemler, grafikler, diyagramlar, haritalar ve simülasyonları kapsar. Bu modeller ihtiyaca göre somut, soyut ve teorik olabilir. Önemli olan bilimsel modelin araştırmaya, anlamaya ve iletişime katkıda bulunmasıdır. Bu özellikleri nedeni ile modeller, bilimsel düşünme ve çalışmanın anahtar araçlarıdır (Harison ve Treagust, 2000, s.1012).



Şekil 1.12. Örnek ile Bilimsel Hedef Arasındaki Düşüncelerin
Analogik Transferi (Harrison, 2001, s.403)

Analojik modeller öğretmenler ve ders kitabı yazarları tarafından bilimsel bilginin karşı tarafa aktarılmasında oldukça sık kullanılır (Harrison ve Treagust, 2000, s.1012). Örneğin, Newton' un 3. kanundan bir örnek bu noktayı açıklamak için bize yardımcı olabilir: Masa üzerinde duran bir kitabı, yerçekimi kuvveti yerin merkezine doğru çeker (etki kuvveti). Çoğu öğrenci, masada duran kitabın etki kuvvetine karşı sergilediği tepki kuvvetini tanımlayamamaktadır. Eğer öğretmen yay üzerindeki el analoji örneğini kullanılırsa kavramı açıklığa kavuşturmak daha kolay olacaktır. Bu olayda kitap el ile yay ise masa ile karşılaştırılmıştır. Analoji düşünce tarzı; öğretmen, yay üzerindeki el örneğini (asıl kavram) kavratıldıktan sonra, öğrencilerin masa üzerindeki kitap örneğini anlamalarını (hedef kavram) daha kolay sağlayacaktır (Riche, 2000).

Analojik modeller genellikle, fikirleri araştırma, yaratma, test etme ve birbirine bağlama amacıyla kullanılır. Analoji, yabancılık çekilen fikirlerin açıklanmasında açıklayıcıya kolaylık sağlayan etkili yollardan biridir. Analojik modellerin temel rolü yabancılık çekilen bir olgunun, yabancılık çekilmeyen bir olguya benzetilerek açıklanmasıdır. Tanıdık olmayan olgu hedef, tanıdık olan olgu ise kaynaktır. Bu yolla örneksel yapıyı öğrenciler daha kolay anlayabilir. Ortak analojik kullanımlar, öğretilecek yabancılık çekilen hedefle de uyuşmalıdır. Analojik açıklamalar, hedefle kaynak arasındaki pozitif analogileri kapsayan bir analojik eşleşme ortaya koyduğunda öğrenci ve öğretmenler için ancak işlerlik kazanır. Ortak olmayan bir eşleşme de (negatif analoji), kaynak hedefe benzemez. Bazı eşleşmeler ise herhangi bir kategoriye girmez ve bunlar nötr analogiler olarak adlandırılır. Kaynak ve hedef arasındaki ortak ve ortak olmayan eşleşmeler genellikle analojinin paylaşılan ve paylaşılmayan özellikleri olarak da isimlendirilir (akt: Harrison, 2001, s.403; Geban vd., 1999, s.176-177). Tablo 1.5.'deki örnekte güneş sistemine ait bir analojik model kullanılarak bir atomun yapısı açıklanmaya çalışılmıştır (Harrison ve Treagust, 2000, s.1018). Güneş sistemi tanıdık olgu yani kaynak, atomun yapısı ise tanıdık olmayan olgu yani hedeftir.

Tablo 1.5. Güneş Sistemin Analogik Modeli ile Atomun Yapısının Kavramsal Olarak Haritalanması

Analogik model = “güneş sistemi modeli” (kaynak) Hedef = atom

Paylaşılan özellikler

Güneş kütlenin çoğunluğuna sahiptir.	Çekirdek kütlenin çoğunluğuna sahiptir.
Güneş merkezdedir.	Çekirdek merkezdedir.
Gezegenler güneşten küçüktür.	Elektronlar çekirdekten küçüktür.
Gezegenler güneşin etrafında dolanırlar.	Elektronlar çekirdeğin etrafında dolanırlar.
Güneş sisteminin çoğunluğu boşluktur.	Atomun çoğunluğu boşluktur.

.....

.....

Paylaşılmayan özellikler

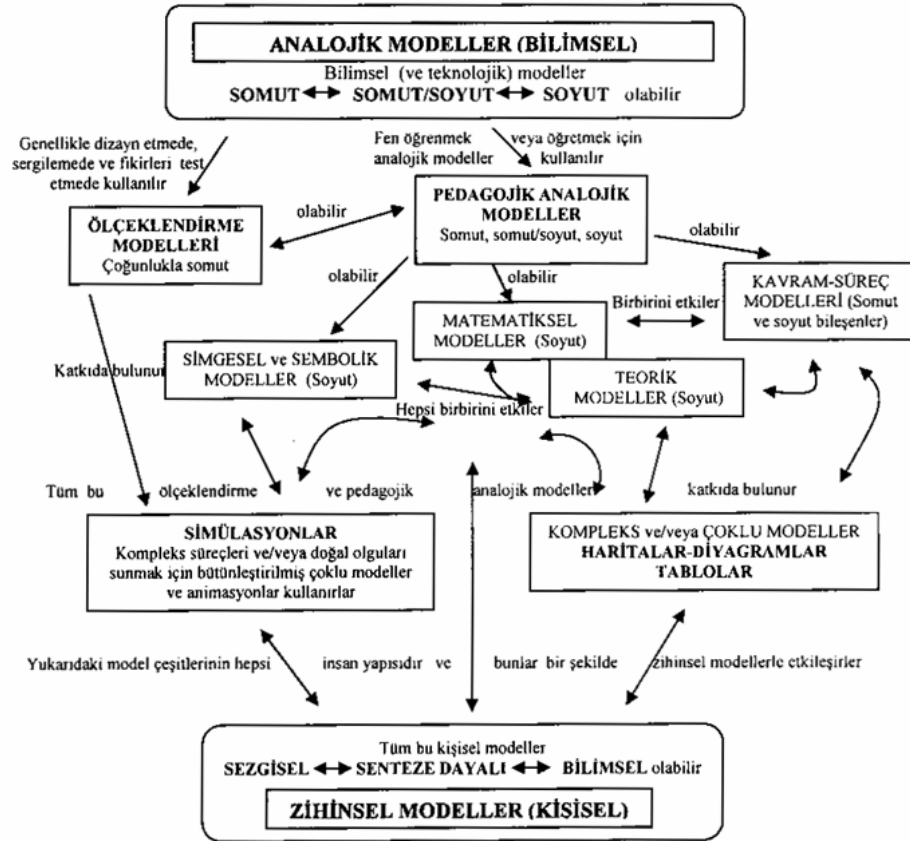
Gezegenlerin boyutları farklıdır.	Elektronların boyutları aynıdır.
Her gezegen bir yörüngede dolanır.	Bir yörüngede birden fazla elektron dolanabilir.
Gezegenlerin yörüngeleri eliptiktir.	Elektronların yörüngeleri gezegenlerinkine benzemez.
Güneş ile gezegenler arasındaki kuvvet kütle çekim kuvvetidir.	Elektron ile çekirdek arasındaki kuvvet elektrostatik kuvvettir.

.....

.....

Analojik modeller, kavramları öğrencinin zihninde somutlaştırır ve daha kolay anlaşılmasını sağlar. Anlaşılması zor, karmaşık konuları basite indirgeyerek akılda kalacak şekilde açıklar ve ayrıca öğrencinin derse olan ilgisini ve katılımını artırır. Fakat unutmamak gerekir ki, analogik modellerde tüm modellerde olduğu gibi kaynak ve hedef asla yüzde yüz bir benzerlik göstermez ve daima birbirinden ayrılan noktaları vardır. Gerek ders kitapları gerekse öğretmenler modelleri kullanırken her zaman için model ile hedefin paylaşılan özelliklerini vurgulamaktadır fakat paylaşılmayan özelliklere ise değinmemektedir. Model ile temsil edilen hedef arasındaki paylaşılan ve paylaşılmayan özellikler yüzeysel kalırsa yani ayrıntıya girilmez ise yanıltıcı olabilir. Paylaşılan özellikler, öğrenciler tarafından iyi anlaşılamadığı zamanlarda da yanıltıcı olabileceği gibi kavram yanılgılarına bile yol açabilir (Geban vd., 1999, s.176-177).

Daha önceki kısımlarda vurgulandığı gibi modeller farklı biçimlerde sınıflandırılabilir. Harrison ve Treagust (2000, s.1015) analogik modelleri de kendi içinde şekil 1.13.'deki gibi sınıflandırmıştır.

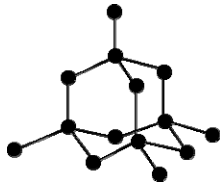


Şekil 1.13. Analogik Modellerin Sınıflandırılmasına Ait Kavram Haritası (Harrison ve Treagust, 2000, s.1015)

Analogik Modellerin Sınıflandırılması

Ölçeklendirme modelleri: Hayvanların, bitkilerin, arabaların ve binaların ölçeklendirilmiş modelleri; renkleri, dış şekilleri ve yapısal özellikleri tanımlamakta kullanılır. Ölçeklendirme modelleri ayrıntılı bir şekilde dış görünüşü yansıtmasına rağmen nadiren içyapıyı, işlevleri ve kullanımı yansıtır. Ölçeklendirme modelleri genellikle oyuncaktır veya oyuncak gibidir. Bu nedenle, model ile hedef arasındaki paylaşılmayan farklılıkların saklı kalmasına yol açabilir.

Pedagojik analogik modeller: Bunların analogik olarak isimlendirilmesinin nedeni, modelin bilgiyi hedefle paylaşmasından ileri gelir. Pedagojik olarak isimlendirilmesinin nedeni ise, atom ve molekül gibi gözlenemeyen varlıkları öğrenciler için ulaşılabilir yapmak üzere öğretmenler tarafından açıklayıcı olarak geliştirilmelerinden kaynaklanmaktadır. Analogik özellikler kavramsal niteliklere dikkat çekmek için genellikle aşırı basitleştirilmiş veya genişletilmiştir.



Şekil 1.14. Elmasın Kristal Yapısının Gösterimi (atomlar yandaki şekildeki gibi katı bir top gibi modellenirken, kimyasal bağlar katı bir çubuk olarak gösterilmektedir)

Simgesel veya sembolik modeller: Kimyasal formüller veya eşitlikler sembolik modellerle anlamlı hale getirilmiştir. Formüller ve eşitlikler bu şekilde kimya diline yerleşmiştir. Örnek olarak CO₂ (karbon dioksit) gösterimi verilebilir.

Matematiksel modeller: Fiziksel özellikler ve süreçler, kavramsal ilişkileri ortaya çıkaran matematiksel eşitliklerle ve grafiklerle temsil edilebilir. Örnek olarak, Boyle-Mariotte Kanunu, üstel eğriler veya Newton'un ikinci hareket kanununun temsili olan $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ eşitliği verilebilir.

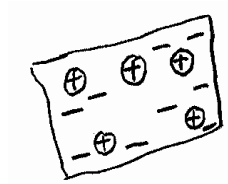
Teorik modeller: Elektromanyetik alan çizgileri ve fotonlar teorik modellerdir, çünkü bu modeller iyi yapılandırılmış ve insanlar tarafından oluşturulan teorik temellerle tanımlanmıştır. Kinetik teoreinin gaz basıncını açıklaması, ısı ve basınç bu kategoriye girer.

Haritalar, diyagramlar ve tablolar: Bu modeller öğrenciler tarafından kolaylıkla canlandırılabilen yolları, örnekleri ve ilişkileri temsil eder. Bu modellere örnek olarak periyodik tablo, soy ağaçları, hava durumunu gösteren haritalar, devre şemaları, kan dolaşımı sistemi ve beslenme zinciri gösterimleri verilebilir.

Kavram-süreç modelleri: Birçok fen kavramı nesneden ziyade süreçten ibarettir. Örnek olarak kimyasal denge veya asit-baz reaksiyon modelleri verilebilir.

Simülasyonlar: Simülasyonlar küresel ısınma, uçuşlar, nükleer reaksiyonlar, trafik kazaları gibi karmaşık süreçleri temsil etmede kullanılır.

Zihinsel modeller: Zihinsel modeller özel bir çeşit zihinsel temsildir ve bireyler tarafından bilişsel işlemler sonucunda üretilir. Öğrenciler tarafından üretilen ve kullanılan zihinsel modeller tamamlanmamıştır ve kararlı değildir yani değişebilir.



Şekil 1.15. Bir Öğrencinin Alüminyum Folyodaki Bağları Gösterim Sekli

Senteze dayalı modeller: Senteze dayalı modelleri, öğrencilerin kendi sezgisel modelleri ile öğretmenlerin sunduğu modellerin bir karışımı sonucunda, öğrencilerin alternatif kavramlarının gelişimlerine ait sentezler oluşturmaktadır.

1.7.5. Fiziksel Modeller

Fen eğitiminde fiziksel modeller, gerçek durumların taşınabilen, elle tutulabilen veya dokunulabilen modelleri olarak düşünülür. Fiziksel model bir varlığın fiziksel temsilini anlamdirmek amacıyla çeşitli kontekstlerde kullanılabilir. Bu varlık tek araba gibi tek bir cisim olabileceği gibi güneş sistemi gibi geniş bir sistem de olabilir. Fen ve teknolojiadaki fiziksel modeller temsil ettiği hedefin fiziksel karakteristiklerini andıracak şekilde görsellenmesine izin verir. Örneğin ilköğretim kademelerinde oyuncaklar gerçek yaşamdakilerin birer kopyası olarak birer fiziksel model olarak kullanılabilir. Oyuncaklar çoğu zaman gerçek yaşamdaki varlıkların bazı özelliklerini modeller. Fiziksel bir model olarak güneş sistemi, güneş ve yörüngesindeki dokuz gezegen temsil edilerek geliştirilebilir. Bu fiziksel modeli yapmanın çeşitli yolları vardır. Örneğin renkli karton daireler ve haklalar kullanılarak güneş sisteminin en basit formda bir fiziksel modeli yapılabilir (akt: Örnek, 2008, s.41-42).

1.9. Bilgisayar Simülasyonları

Teknolojinin yaşamın hemen hemen tüm alanlarının içine işlemesi, kavramların, olguların, teorilerin öğretilmesi amacıyla eğitimde de kullanılmasına neden olmuştur. Birçok eğitim araştırmacısı bilgisayar ve multimedya gibi maharetli teknolojilerin öğrenmeyi geliştirici potansiyellerinin savunuculuğunu açıkça yapmaktadır (akt: Zacharia, 2003, s.796). Çünkü günümüzde eğitim teknolojilerindeki gelişmeler yeni öğrenme ortamlarını desteklemektedir. Özellikle bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler yapılandırılmış bilgi kaynaklarına ulaşmayı da kolaylaştırmaktadır. Bilgisayarlar sınıflarda daha etkili öğretmede ve gerçek yaşama ilişkin problemleri daha fazla uygulamada öğretmenlere yardımcı olmaktadır (akt: Hsu ve Thomas, 2002, s.955). Fakat bazı araştırmacılar bu teknolojilerin okullara getirilmesi ile ilgili olarak endişelidir. Bu endişenin ortadan kaldırılması için öğrencilerin teknolojiyle ilgili algılama ve tutumlarının öğretmenler tarafından belirlenerek, öğrencinin eğitimsel deneyimleri içerisinde, bilgisayar ve multimedya teknolojileri ile bütünleştirilmelidir (akt: Zacharia, 2003, s.796).

Eğitimsel potansiyele sahip ümit verici bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerden birisi eğitim araştırmalarında oldukça dikkat çeken bilgisayar simülasyonlarıdır. Bilgisayar simülasyonları son zamanlarda birçok eğitimci için popüler öğretim materyalleri olmaya başlamıştır (Hsu ve Thomas, 2002, s.955; akt: Zacharia, 2003, s.796; akt: Kurt, 2000, s.14). Akpan'a göre (2000, s.1) bilgisayar simülasyonları öğretmenlerin rolünü yeniden tanımlaması ve öğrenme deneyimlerini yeniden şekillendirmesi nedeni ile ulusal eğitim standartlarına ve ulusal fen öğretmenleri birliğine göre fen eğitimi reformlarına yön vermiştir. Fen bilimlerinde kullanılan simülasyonlar bilimsel düşünmenin bir parçası olan pratik uygulamalar, deneyim kazanma ve anlamada etkili yardımcı araçlar olarak kabul edilmektedir. Bir simülasyon, bünyesindeki nesnenin ilişkisel model sistemi ile birlikte herhangi bir sürecin dinamik uygulaması olarak düşünülebilir. Aslında bir simülasyon yaratmak için bilgisayar gerekli değildir, günümüzdeki diğer teknolojiler ile de ilişkisel model sistemleri temsil edilebilmektedir (akt: Akpan, 2000, s.1).

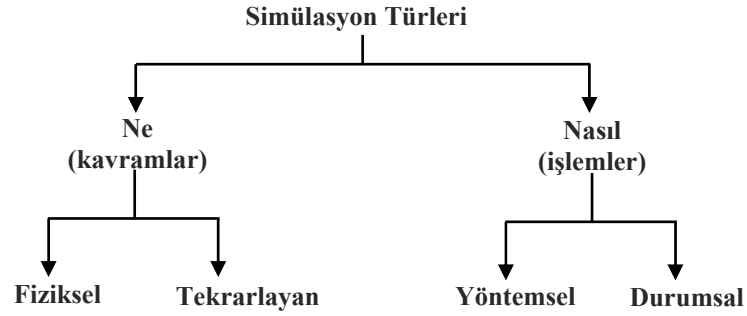
Literatürde bilgisayar simülasyonlarının ne anlama geldiği ile ilgili aynı amacı dile getiren fakat farklı şekillerde ifade edilmiş birçok tanıma rastlamak mümkündür. Bir simülasyon bir olgunun, sistemin veya gerçek/hayal edilen bir nesnenin modeli yani temsilidir (akt: Naidoo, 2004, s.34). Örnek'e (2008, s.39) göre bir bilgisayar simülasyonu belirli bir sistemin davranışını simüle etmeye çalışan bilgisayar programıdır. Başka bir deyişle, çeşitli başlangıç şartlarından-parametrelerden oluşan karmaşık bir sistemin davranışının tahmin edilmesine ilişkin problemlere analitik çözümler bulmaya çalışan ve matematiksel modellere dayandırılarak geliştirilen bir bilgisayar programıdır (Örnek, 2008, s.39). Diğer bir tanımlama ise bilgisayar simülasyonlarının fiziksel bir sistemin veya sürecin gerçek-zaman olarak görsellenmesini sağlayan interkatif bir alıştırmalar olduğu şeklindedir (akt: Gaither, 2000, s.1). Bilgisayar simülasyonu gerçeklerden süzölmüş çalışma ve analiz amacıyla basite indirgenmiş fiziksel ya da sosyal sürecin çalışan modelidir (Özdener ve Sayın, 2004). Mullan (akt: Naidoo, 2004, s.34) göre ise simülasyonlar gerçeğin herhangi bir yolla temsil edildiği ve çok pahalı, tehlikeli veya gerçekte yapılması çok zor olan deneylere ilişkin durumlarla öğrencilerin etkileşmesini sağlayan modellerdir. De Jong ve Van Joolingen (1998, s.2) ise, daha genel bir ifade ile bilgisayar simülasyonlarını yapay veya doğal bir sistemin modelini kapsayan programlar olarak tanımlamıştır. Başka bir tanıma göre bir simülasyon gerçek bir duruma dayanan öğrenme ve değerlendirme metodudur. Simülasyon olabildiğince yakınlaştırarak gerçek yaşamdaki durumu taklit eden bir modeldir (akt: Costello, 2001, s.5). Thomas ve Hooper (akt: Akpan, 2000, s.1) ise, bilgisayar simülasyonlarını teorik veya gerçek bir sistemin işlenebilir modelini içeren bilgisayar programları olarak tanımlar. Bilgisayar simülasyonu, günlük yaşamdaki bir durumun bazı özelliklerinin soyutlanarak durumla ilgili basitleştirilmiş bir model geliştirilmesine yardımcı olan bir programdır (Bayraktar, 2000, s.36).

1.9.1. Bilgisayar Simülasyonlarının Çeşitleri

İnan (2007), teknik bir yaklaşımla, dayandırıldığı modellere göre bilgisayar simülasyonlarını; ayrık ve sürekli olay modelleri-statik ve dinamik modeller-açık döngülü ve kapalı döngülü modeller-stokastik ve deterministik modeller olarak ele almıştır. Ayrık bir olay zamanın tek bir noktasında oluşan ani bir harekettir. Hava alanına inen bir uçak, bankaya giren bir müşteri ya da bir döngüyü bitiren bir hareket ayrık (kesikli) olaylara örneklerdir. Sürekli olaylar zamana bağlı olarak kesilmeden devam eden (arası olmayan) hareketlerdir. Gün içindeki bir gölün suyunun sıcaklığının düşmesi ve yükselmesi, benzinin tankere boşaltılması veya kimyasal dönüşümler örnek olarak verebilir. Matematiksel olarak modellenirken çoğu kez diferansiyel denklemlerden yararlanılır. Statik model, zamandan etkilenmeyen modeldir. Modelin durumu zamana göre değişiklik göstermez. Dinamik model ise zamandan etkilenen modeldir. Bir simülasyon süresi söz konusudur. Açık döngü (çevrim), sisteme bir geri besleme sağlamadan sistemin çıktılarının var olduğu yani girişin çıkış işaretinden etkilenmediği sistemlerdir. Kapalı döngü (çevrim), sistem işlemlerinin sonuçları, simülasyon modeline bir sonraki işlemin değişikliği için geri döndüğü simülasyondur. Stokastik modeller, bir veya daha fazla rasgele değişkene dayanan modellerdir. Bu yüzden gerçek sistem davranışını, yalnızca tahmini olarak ortaya koyabilir. Deterministik modeller ise, rasgele olmayan girdi değişkenine sahip olan modellerdir. Deterministik modellerdeki hareketler her zaman aynıdır ve aynı çıktıları üretir.

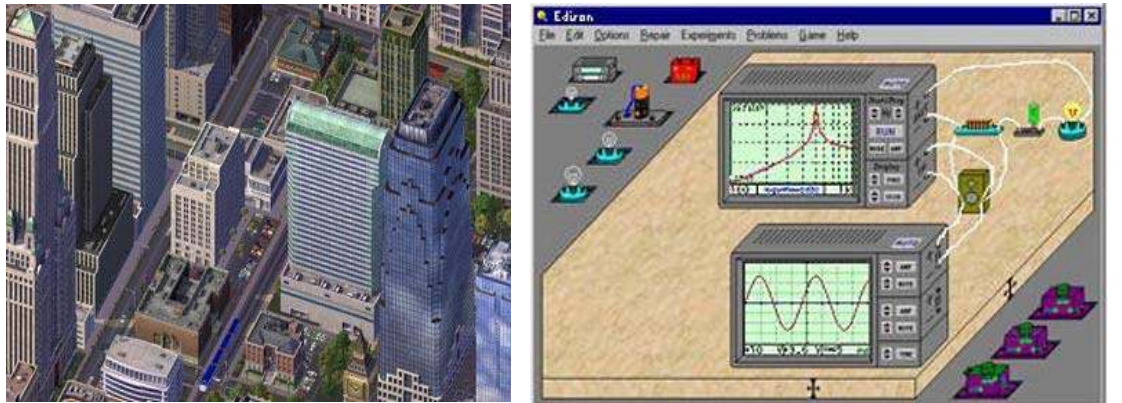
Alessi ve Trollip'e (akt: Naidoo, 2004, s.35; de Jong ve van Joolingen, 1998, s.182) göre bilgisayar simülasyonlarını, şekil 1.16'da gösterildiği gibi, öğretilenin "ne" ve "nasıl" olması durumuna göre iki ana gruba ayırmak mümkündür. Bir şey hakkında bilgi veren simülasyonlar, fiziksel ve tekrarlayan simülasyonlar olarak adlandırılan iki alt gruba ayrılırken, bir şeyin nasıl yapılacağını öğreten simülasyonlar ise, yöntemsel ve durumsal simülasyonlar olarak iki alt grup oluşturur. Simülasyondan kastedilenin ne olduğunu anlamak ve ortak bir terminoloji geliştirmek açısından simülasyonları türlerine ayırmak yararlı olmakla beraber, çoğu zaman bir simülasyonu tek bir tür kapsamında düşünmek mümkün olmamaktadır.

Bu tür simülasyonlar için birden çok simülasyon türünün sentezinden oluşmuştur demek daha doğru bir yaklaşımdır (akt: Özdener ve Sayın, 2004).



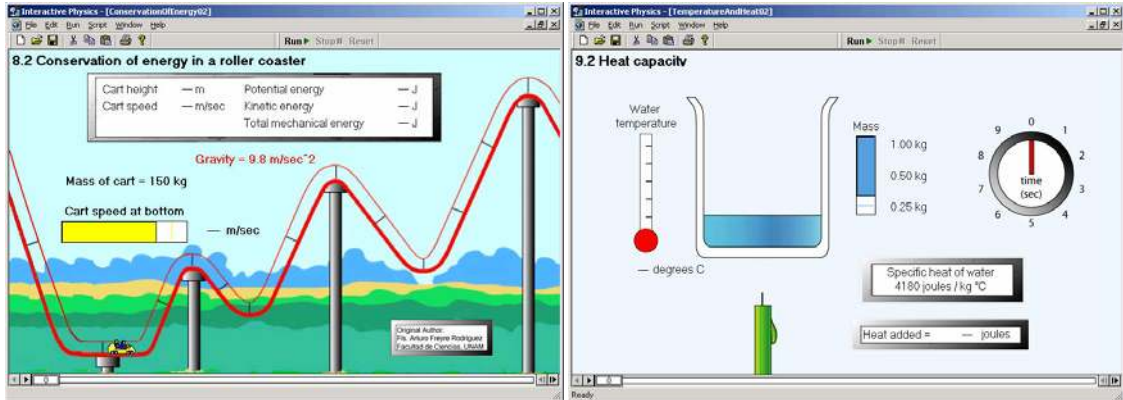
Şekil 1.16. Simülasyon Türleri

Fiziksel Simülasyonlar: Fiziksel bir nesnenin veya olayın temsil edilmesidir. Bilgisayar ortamında bir fiziksel nesne veya olgunun ekranda temsil edilmesi ve öğrencinin buna ilişkin bilgileri elverişli bir ortamda kazanabilmesi sağlanır. Bir elektrik devresinde akım ve volt değerlerini ölçebilmek amacı ile geliştirilmiş ampermetre-voltmetre, biyolojideki fotosentez, kimyadaki kimyasal bağlar veya sosyal bilimlerde çevre planlanması ile ilgili simülasyonlar fiziksel simülasyonlara örnek olarak gösterilebilir (de Jong ve van Joolingen, 1998, s.182; akt: Naidoo, 2004, s.35; akt: Gülbahar, 2007; akt: Strangman ve Hall, 2003, s.21; akt: Özdener ve Sayın, 2004; akt: Tekdal, 2002; akt: Şahin, 2002, s.4).



Şekil 1.17. Fiziksel Simülasyon Örnekleri

Tekrarlayan (Süreç) Simülasyonlar: Bir olay veya nesne hakkında bilgi vermek açısından fiziksel simülasyonlara benzetmekle birlikte, öğrencinin olaya müdahale edebiliyor olması temel farklılığı oluşturur. Belli bir süre içerisinde simülasyonda değişiklikler yaratmak yerine, öğrenci belirli değerleri değiştirerek simülasyonu tekrar tekrar çalıştırır ve sonucunu görür. Yani bu tür simülasyonları amacı modeli veya süreci öğrencinin kendi kendine keşfetmesini sağlamaktır. Tekrarlayan simülasyonlar öğrencilere yöntem, işlemler veya konular hakkında gözle görülmeyen ortamlar sunabildiği gibi zamandan bağımsız olarak çalışabilir olması eğitim açısından büyük önem taşır. Başka bir deyişle, bu simülasyonların en büyük eğitsel özelliği, hızlandırma, yavaşlatma ve durdurma özelliklerinin olmasıdır. Fizikte enerjinin korunumu, ısı kapasitesi, elektron hareketi, ekolojide zaman içerisinde nesillerdeki değişimi veya ekonomide arz-talep ilişkisi için geliştirilmiş simülasyonlar bu tür simülasyonlara örnek teşkil eder (de Jong ve van Joolingen, 1998, s.182; akt: Naidoo, 2004, s.35; akt: Gülbahar, 2007; akt: Strangman ve Hall, 2003, s.21; akt: Özdener ve Sayın, 2004; akt: Tekdal, 2002; akt: Şahin, 2002, s.5).



Şekil 1.18. Tekrarlayan Simülasyon Örnekleri

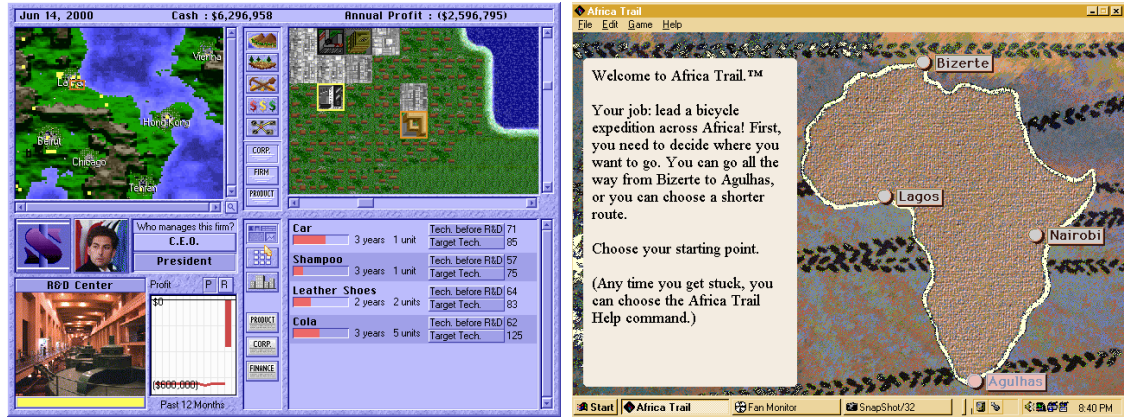
Yöntemsel Simülasyonlar: Bir hedefe ulaşmak için gerekli davranış ve işlem sırasının öğretilmesi amaçlanır. Bu tür simülasyonlar öğrenciye bir dizi işlemi nasıl gerçekleştireceğini öğretmeyi amaçladığından simüle edilmiş fiziksel nesneleri içerir. Çoğu zaman fiziksel simülasyonlar ile birlikte kullanılmakla beraber, fiziksel

simülasyonların burada sadece bir araç olduğu unutulmamalıdır. Pilot veya şoför eğitiminde kullanılabileceği gibi laboratuvar uygulamalarından önce öğrencilere konuyu tanıtarak ön hazırlık yaptırabilmek için de kullanılabilir. Genellikle tıp, biyoloji, uçuş eğitimi, yolculuk gibi konularda uygulamalarına rastlanır (de Jong ve van Joolingen, 1998, s.182; akt: Naidoo, 2004, s.35; akt: Gülbahar, 2007; akt: Strangman ve Hall, 2003, s.21; akt: Özdenler ve Sayın, 2004; akt: Tekdal, 2002; akt: Şahin, 2002, s.6).



Şekil 1.19. Yöntemsel Simülasyon Örnekleri

Durumsal Simülasyonlar: İnsanların farklı durumlardaki davranış ve tepkileri üzerine kurulmuş bir türdür. Burada öğrencinin değişik durumlar karşısında alternatif çözümler sunması ve çözüm sonuçlarını görmesi amaçlanır. Kullanıcının kararlarına ve öğrenme durumuna göre, her durumda dönüt-düzeltilme verilir. Eğitimsel oyun programları (macera oyunları gibi) veya eğitsel programlar (anne-baba eğitimi-yöneticilik eğitimi) bu tür simülasyonlara örnek olarak verilebilir (de Jong ve van Joolingen, 1998, s.182; akt: Naidoo, 2004, s.35; akt: Gülbahar, 2007; akt: Strangman ve Hall, 2003, s.21; akt: Özdenler ve Sayın, 2004; akt: Tekdal, 2002; akt: Şahin, 2002, s.7).



Şekil 1.20. Durumsal Simülasyon Örnekleri

De Jong ve Van Joolingen'a (1998, s.2) göre bilgisayar simülasyonları genel olarak kavramsal bir modele dayanan ve operasyonel modele dayanan simülasyonlar olarak da ikiye ayrılabilir. Kavramsal modeller, bir sisteme ilişkin simüle edilen prensipleri, kavramları veya gerçekleri kapsar. Operasyonel modeller ise, simüle edilen sistemlere uygulanabilen kognitif olan-olmayan işlemler dizisini kapsar. Kavramsal modellere ekonomi veya fizikte sıklıkla rastlanır. Örneğin radar kontrol sistemlerinde operasyonel modeller bulunur (akt: De Jong ve Van Joolingen, 1998, s.2). Operasyonel modeller genellikle deneyimsel öğrenmede kullanılırken kavramsal simülasyonlar keşfe dayalı öğretimde daha sık karşımıza çıkar. Kavramsal modeller nitel, nicel, statik ve dinamik modeller gibi birçok modeli içine alır. Bununla birlikte modeldeki değişkenlerin yeri veya teorik-operasyonel değişkenler arasındaki ilişkinin ölçüsü kavramsal modeli karakterize eder (De Jong ve Van Joolingen, 1998, s.2).

1.9.2. Bilgisayar Simülasyonlarının Özellikleri ve Öğretimde Kullanılması

Bilgisayar simülasyonları gerçek yaşama en yakın yöntem olması, ilginç ve motive edici yönleri nedeni ile giderek popülerlik kazanan bir bilgisayar destekli

eğitim türüdür. Simülasyon, modelleme yoluyla bir olay veya aktivitenin etkileşim sonucu öğrenilmesini sağlar. Yani simülasyonların iki önemli özelliği vardır:

- Belli bir modele dayanması
- Etkileşim sonucu öğrenme sağlaması

Bu nedenle filmler, animasyonlar ve bazı oyun türleri simülasyon olarak nitelendirilmez. Özellikle animasyon ile simülasyon kavramları birbirine karıştırılmaktadır (akt: Gülbahar, 2007). Simülasyonun aksine animasyon, belirli bir nesneyi; kuralsız, sahnenin önünde veya arkasında herhangi bir teorik ya da fiziksel sistem özellikleri taşımayan, kullanıcı ile etkileşimi olmayan bir canlandırma (hareketlendirme) işlemidir. Bu özellikleri nedeniyle animasyonların eğitimdeki kullanım alanları sınırlıdır.

Çoğu simülasyon programı oyun olarak adlandırılır. Bunun nedeni, hem eğitsel oyun özellikleri taşıması (yarışma, kurallar, kaybetme veya kazanma) hem de etkileşimli olması nedeni ile simülasyon tanımına uymasındır. Bir model veya aktiviteyi güdüleyici olarak kullanan simülasyonlar, genellikle eğitsel oyun veya alıştırmaya-uygulama türlerinden biri olarak değerlendirilir. Simülasyonlar sadece bir olayı taklit etmekle kalmaz, istenildiğinde detayları veya özellikleri göz ardı eder, değiştirir veya yenilerini ekler. Bu kritik bir noktadır. Mühendislikte araştırma konuları (örneğin uçak tasarımı) baz alındığında simülasyonun başarısı gerçeğe uygunluğu ile değerlendirilir (akt: Gülbahar, 2007).

Alessi ve Trollip'e (akt: Gülbahar, 2007) göre simülasyonların basitleştirilerek verilmesi; süreç ve olguların özelliklerinin, farklı durumlarla karşılaşıncı neler yapılabileceğinin ve değişik durumların nasıl kontrol edilebileceğinin anlaşılması açısından yararlı olabilir. Aslında simülasyonlar, olaylar ve süreçler hakkında öğrencilerin kendi zihinsel modellerini oluşturmalarını, araştırmasını, uygulamasını ve bilgilerini etkili bir şekilde geliştirmesini amaçlar. Bununla birlikte, tasarımı ve hazırlanması diğer bilgisayar destekli eğitim türlerine göre daha zor olmasına karşın, kullanıcı memnuniyeti ve başarısı açısından yararları oldukça fazla olabilmektedir.

Ulaşılabilirliği giderek artan eğitimsel simülasyonlar, öğretim sürecinde günlük yaşam problemlerinin uygulanabilirliği konusunda fen eğitimcilerini etkili hale getirmiştir. Simülasyonların sınıflarda giderek artan kullanımı, öğretim sürecine etkisi konusundaki araştırmaları da tetiklemiştir. Bu nedenle son otuz yıldaki araştırmalar bilgisayar simülasyonlarının öğretimsel yaklaşımlara, öğretimsel kapasiteye, becerilerin geliştirilmesine, tutumların geliştirmesine ve kavramsal anlamının gelişimine olan pozitif etkilerini ortaya koymaktadır. Araştırmacılar simülasyonların etkili potansiyelinin öğrencilere sunulan bir olayı araştırma, olaydaki değişkenleri değiştirme, süreci başlatma, şartları belirleme ve tüm bu eylemlerin sonuçlarını gözlemleme fırsatı verdiğinden öncelikle keşfe dayalı bir öğrenme ortamı sağladığını vurgular (akt: Zacharia, 2005, s.1743; akt: Windschitl ve Andre, 1998, s.147; Gaither, 2000, s.2).

Simülasyonlar gerçek yaşama ilişkin herhangi bir örneği temsil edebilir ve tehlike, uzaklık, zaman veya maliyet engellerine takılmadan gerçek problemlerle ilgili özgün çözüm alıştırmaları ortaya koyabilir (akt: Naidoo, 2004, s.34). Bu öğretim stratejisi keşfetmeye dayalı bir öğrenme ortamının oluşturulmasını desteklemek amacıyla kullanılabilir. Keşfe dayalı öğrenmede öğrencinin asıl amacı simülasyonun temelinde yatan karakteristikleri fark etmesidir. Öğrencilerin diğer aktiviteleri ise, değerleri değiştirmek ve değerlerin değişime bağlı olarak ortaya çıkan sonuçları gözlemlenektir. Bu nedenle simülasyon, öğrencilerin bilgisayar ile etkileşmelerini sağlamak amacıyla temel bir kelime dağarcığına ihtiyaç duyar. Simülasyonlarla yeni edinilmiş bazı beceriler ve kavramlar da test edilebilir. Kognitif beceriler, problem çözerken kullanılan kuralların, kavramların ve gerçeklerin sentez edilmesi ile geliştirilir (Naidoo, 2004, s.34–35; akt: De Jong ve Van Joolingen, 1998, s.180).

Geleneksel öğretim yaklaşımları bazen öğretmenlerin doğal, matematiksel, ekonomik veya sosyal sistemleri açık bir şekilde anlatmalarına veya göstermelerine izin vermez. Bilgisayar simülasyonlarının yokluğunda öğrenciler karmaşık olgulara ilişkin davranışları genel tanımlarla öğrenmeye çalışır. Genel tanımlamalar anlamının gerçekleşmesinde istenilen geribildirimleri öğrenciye çoğu zaman

sağlamaz (Rusten, 2007). Anlamlı öğrenmenin gerçekleşmesi için öğrenciler tanımlamalardan daha fazlasına ihtiyaç duyar.

Gerçek olguyla yer değiştirebilen bir yapıya sahip olan bilgisayar simülasyonları öğretim sürecinde yaşanan sıkıntıların giderilmesi yönünde bazı avantajlar sağlar (Barbeta ve Branco, 1998, s.2; A Mian ve Zahidi, 2002, s.175).
Örneğin:

- *Süreksiz davranışın görsellenmesine yardımcı olur:* Bir olguya ait etkiler bazen çok hızlı gerçekleşir ve doğrudan gözlenemez. Bilgisayar simülasyonları bu şekildeki etkileri görsellemeyi çok kolay bir yolla sağlayabilir.
- *Maliyeti azaltır:* Bazen basit bir davranışı göstermek için çok pahalı bir cihaza gerek duyulabilir. Gerçek yaşamda birçok araç-gerece veya pahalı materyallere ihtiyaç duyan deneyler bilgisayar simülasyonları ile yaratılabilir.
- *Gerçek yaşamda maskelenmiş bazı davranışları ayrıntıları ile açıklar:* Bazen bir davranışa ait etkiler gürültü veya deneysel hatalar nedeni ile saklı kalabilir. Bilgisayar simülasyonları bu tür araştırmalar için kullanılabilir.
- *Deneysel duyarlılık:* Simülasyonlar fiziksel sınırlamalar nedeni ile müdahale edilemeyen durumlarda istenilen şartların oluşturulmasında kullanılabilir. Bu nedenle simülasyonlar amaçlanan duyarlılıkta çalışılan konunun anlaşılmasına yardım eder.
- *Öğrencilere tekrarlayan aktiviteleri bilgisayar ekranına taşıma fırsatı verir:* Dataların işlenmesi, grafiklerin çizilmesi gibi bazı aktiviteler bilgisayar ekranına taşınabilir. Bu sayede öğrencilerin ara işlemler yerine sonuçlara odaklanmaları sağlanabilir. Örneğin öğrenciler bir bilgisayar simülasyonu kullanarak bir çarpışma veya serbest düşme deneyini istenilen şartlarda (cisimlerin ve ortamın özelliklerini değiştirerek) gerçekleştirebilir. İlgili grafik ve tabloları oluşturabilir.

Fen eğitiminde modellerin geliştirilmesi ve yorumlanmasının öğretime katkısı ile ilgili geniş bir fikir birliği vardır. Bilgisayar modelleri geleneksel yaklaşımlara

kıyasla kavramsal anlamayı daha fazla geliştirmek için kullanılabilir. Özellikle simülasyonlar tartışmaya açık süreçlerin dış temsilinin yapılmasında oldukça değerlidir. Simülasyonlar çoğu zaman doğrudan araştırılamayan veya gözlenemeyen olgular hakkında bir bakış açısı kazandırmak için kullanılır. Simülasyonlar girdilere bağlı olarak alınan çıktıların temelinde yatan matematiğin bilinmesini gerektirmeyecek şekilde de hazırlanabilir (akt: Stylianidou vd., 2005, s.57). Fakat nümerik modellere dayanan bazı simülasyonlar karmaşık sistemlerin analiz edilmesine daha çok elverişlidir. Bununla ilgili yazılımlar modelleme sistemi ya da simülasyon dili olarak isimlendirilir. Gerçekten bazı sistemler karmaşık matematiğe sahiptir ve bilgisayarlar olmadan bu sistemi analiz etmek mümkün değildir (akt: Örnek, 2008, s.39).

Simülasyonlar bir kavrama ilişkin görsel-dinamik temsiller sağlayarak öğrencilerin pratik ve anlaşılabilir zihinsel modeller geliştirmelerine yardım eder (Gaither, 2000, s.2). Bu nedenle simülasyonlar belirli bir kavramın daha iyi kavramasını ve uygulanmasını kolaylaştırır. Bununla birlikte simülasyonlar kavrama süreci içerisinde öğrencilerin bilimsel süreç, kritik düşünme ve analitik becerilerinin gelişimine katkıda bulunur. (akt: Gaither, 2000, s.2.)

Fen bilimlerindeki mevcut olan bazı kompleks süreçlerin (örneğin termodinamik, nükleer fizik ile ilgili deneyler) temsil edilmesinde simülasyonlar oldukça başarılıdır. Bir sistemin dinamik veya statik modelinin yapılarak kullanılması, öğrencilerin bu modelle etkileşimlerine bağlı olarak, sistemle ilgili bilgilerin kavramsallaştırılmasını kolaylaştırır (akt: Windschitl ve Andre, 1998, s.147). Zaman dilimini değiştirme ve gerçek yaşamdaki modelleri basitleştirme yeteneklerinden dolayı simülasyonlar olguları daha fazla görseller ve farklı kognitif seviyelere göre uyarlanabilir (Hsu ve Thomas, 2002, s.955). Gokhale (akt: Kurt, 2000, s.14) göre, sanal deneyimlerin öğrenciler tarafından yapılması öğrencilere geleneksel derslerden daha fazla öğrenme fırsatı vermektedir (akt: Windschitl ve Andre, 1998, s.147; Gaither, 2000, s.2).

Simülasyonlar öğretim sürecinde gerçek durumun genelde bazı özellikleri dikkate alınarak hazırlandığından gerçek durumdan farklılık da gösterebilir. Simülasyonda öğrenciler hazır bir simülasyon kullanıyorsa modelleme sürecini

izleyebilir veya simülasyonun kendilerine sağladığı değişkenleri değiştirerek sonuçları gözlemleyebilir. Örneğin yörünge hareketleri ile ilgili bir simülasyonda cisimler hızlandırılabilir ya da yavaşlatılabilir. Simülasyonlar bir sistemle ilgili daha üst düzeydeki ilişkilerin öğretilmesinde de kullanılabilir. Simülasyondaki asıl önemli amaç karar verilen değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkararak değişkenlerle ilgili bazı sonuçlara varmaktır. Simülasyonlar öğrencileri bildikleri ile yüzleştirerek sentez becerilerinin gelişimine katkıda bulunur ve kognitif işlem beceri düzeylerini artırır (akt: Bayraktar, 2000, s.36).

Simülasyonlar özellikle değişken değerlendirme alıştırmalarında oldukça değerlidir. Simülasyonlarda öğrenciler birçok farklı değişkene hükmederek defalarca olgu hakkında tartışabilir (Huppert ve Lazarowitz, 2002, s.803). Simülasyon öğrencileri bir dizi ara basamaklara göre yönlendirerek verilen bir durumdan belirli bir amaca doğru modeli değiştirmelerine yardım eder. Bu nedenle simülasyon programları yeni durumla ilgili uygun görüntü verene kadar kullanıcı komutlarını kabul eder (akt: Akpan, 2000, s.1). Bilgisayar simülasyonları kullanılarak deneyim kazanılması bir öğretim stratejisi olarak Moore ve Thomas (akt: Huppert ve Lazarowitz, 2002, s.803) tarafından önerilmiştir. Moore ve Thomas bu öğretim stratejisini laboratuvar için satın alınması pahalı olan, öğrencilere çalışması çok karışık gelen ve kullanılması tehlikeli olan cihazların yerine veya uzun zaman alan deneylerin gerçekleştirilmesi amacıyla tavsiye etmiştir. Simüle edilmiş deneyler bir modelin giriş değerlerinin kontrol altına alınarak zaman içerisindeki değişiminin ve değişime bağlı olarak çıkış değerlerinin değerlendirilmesi yönü ile öğrencileri problem çözme sürecine odaklar. Öğrenciler probleme ilişkin bilgilerini de kullanarak kendi öğrenme adımlarına göre alternatif yollar arar. Öğrenciler elde edilen verilerin analizini yapar, tartışır ve durum içerisindeki problemleri çözer. Simülasyon ilerledikçe öğrenciler tartışmaları sonucunda vardıkları neticelere ve ilerleyen eylemlere göre durumdaki değişikliklere cevap vererek gelecekteki problemleri veya çözümleri tahmin eder. Bilgisayar simülasyonlarında ortaya çıkan sonuçların güvenilirliğini test etmek amacıyla öğrenciler bir dizi deney tasarlayabilir ve sonuçları tablo ve grafik olarak değerlendirebilir. Simülasyon boyunca, öğrenciler öğrenmek veya öğrendiklerini değerlendirmek için sorumluluk alır. İyi dizayn

edilmiş bir simülasyon günlük yaşamdaki kompleks bir sistemi basitleştirir. Çünkü öğrenciler basitleştirilmiş sistemi öğrenmeye daha yakındır (akt: Huppert ve Lazarowitz, 2002, s.803; akt: Hsu ve Thomas, 2002, s.955-956; Pye, 1998, s.26; akt: Costello, 2001, s.5).

Öğrenciler geleneksel alışkanlıklarına bağlı olarak verilen bir bilgiyi okur, analiz eder ve veriler üzerinde tartışır. Simüle edilmiş bir öğrenme ortamı ise, önceki tartışmaların da dikkate alınarak yeni durumlar oluşturulmasını ve buna bağlı olarak farklı tartışmaların yapılmasına zemin hazırlar. Bu tür aktiviteler istenilen sonuçlar sağlanıncaya, öğrenciler verilen zamanı bitirinceye veya tartışmalar isabetsiz olmaya başlayıncaya kadar devam eder (akt: Naidoo, 2004, s.36).

İyi tasarlanmış bir simülasyon öğrencilere bilgilerine ait temsil modlarını bilgisayar ekranında seçmelerine ve olgulara ilişkin kendi problem çözme stilleri ile uyumlu hipotezler geliştirerek test etmelerine izin verir (akt: Zacharia, 2003, s.796; Windschitl ve Andre, 1998, s.148). Tao ve Gunstone'na (akt: Zacharia, 2003, s.796) göre simülasyonlar verilen bir olayla ilgili araştırma yapabilmeleri amacıyla değişkenlerin değiştirilmesi, sürecin başlatılması, şartların araştırılması ve bu aktivitelerin sonuçlarının gözlenmesi konusunda öğrencilere ilave avantajlar sağlar. Daha fazlası, öğrenciler bilgisayar programının altında yatan bilimsel kavramları yorumlar, kendi kavramları ile karşılaştırır, hipotezleri formülize/test eder, simülasyondaki gözlemleri ile kendi fikirleri arasındaki çelişkileri ortadan kaldırmaya teşebbüs eder. Bu şekildeki öğretimsel yeteneklerin kombinasyonu yani öğrencilerin kendi bilimsel kavramlarını/fikirlerini verilen bir kriter ışığında değerlendirerek karar vermeleri kavramsal değişim stratejilerinin elementlerini ihtiva eder (akt: Zacharia, 2003, s.796; Zacharia, 2005, s.1743). Örneğin bir ekosistem ile ilgili bir simülasyonda, öğrenciler popülasyon içerisindeki hayvanların sayısının azalış-artmasının ekosistemde ne gibi değişikliklere yol açabileceğini açıkça gözlemleyebilir ve ekosisteme ilişkin hipotezlerini test edebilir. Sonuçta öğrenciler yeni kavramalarına bağlı olarak simülasyonla etkileşim içerisine girerek zihinsel becerilerini geliştirebilir ve yeni zihinsel modeller inşa edebilir (Rusten, 2007, s.10). Graham ve Rowland (2000, s.483) bilgisayar simülasyonlarının zihinsel modelleri geliştirmedeki rolünü aşağıdaki maddeler halinde ifade etmiştir.

- Bilgisayar simülasyonları gerçek yaşamda görülenden daha fazlasını cisimlere etki eden bazı kuvvetler gibi) temsil ederek olgulara ilişkin daha fazla bilgi sağlayabilir. Örneğin bilgisayarlar hız ve yer değiştirme ile ilgili sadece verileri kaydetmekle kalmaz bazı durumlarda hareket eden cisme etki eden kuvvetlerin model üzerinde gösterimine de yardımcı olur.
- Öğrenme hızına da bağlı olarak öğrencilerin yeni zihinsel modeller geliştirmeleri ve eskileri ile karşılaştırabilmeleri sağlanır.
- Öğretmenler simülasyonları kullanarak öğrencilerin anlamalarını ya da kavram yanlışlarına sahip olup-olmadıklarını test edebilir.
- Bilgisayar simülasyonlarının nümerik gücü, analitik olarak çözülemeyen ve standartların dışında kalan problemleri öğrencilerin çözmelerine fırsat verir.
- Öğrenciler simülasyonları kullanarak çeşitli hipotezler geliştirebilir ve bunları eğer... ne.... tarzındaki işlemlerle sınayabilir.
- Bazı simülasyonlar fiziksel kavramlar ile matematiksel tanımlamalar arasındaki ilişkinin kurulmasında da öğrencilere yardımcı olur.

Bilgisayar simülasyonlarının kullanılması fen bilimlerinde kavramsal gelişimi ve değişimi desteklemede başarılıdır (Zacharia, 2003, s.796). Simülasyon geliştirmede kullanılan ticari bazı simülasyon programları (interactive physics, stella, modellus) vardır. Güçlü bilgisayar simülasyonları bu paket programlar kullanılarak da hazırlanabilir (Barbeta ve Branco, 1998, s.1).

Yapılandırıcı yaklaşım çerçevesinde öğrencilere bilgiye ilişkin çoklu bakış açısı kazandırma ve temsiller sunma kısmen iyi dizayn edilmiş bilgisayar simülasyonları ile sağlanabilir. Bu nedenle simülasyonlar öğrencilere kavramsal gelişimi destekleyen deneyimler ilgili potansiyel sağlar. Simülasyonlar öğrencileri gerçek yaşamdaki fenle karşılaştırmak amacıyla dizayn edilebilir (akt: Akpan, 2000, s.2). Thomas ve Hooper (akt: Akpan, 2000, s.2) simülasyonların etkililiğinin değerlendirilmesi için faydalı bir taksonomi geliştirmiştir. Taksonomide birinci kategori olan deneyim kazanma, formal öğretimde hangi simülasyonların öncelikli

olduğu ve gelecekteki öğrenme basamaklarını düzenlemede hangi simülasyonların kullanılacağı durumları tanımlar. Deneyim kazanma; motivasyon sağlama, somut örneklerle yer verme, yapının organize edilmesini sağlama ve kavram yanlışlarını teşhis etmede faydalıdır. İkinci taksonomik kategori bilgilendirir. Bu ise temelde bilginin aktarılması ile ilgilidir. Üçüncü kategori olan destekleme ise, öğretim amaçlarının takviye edilmesi olarak tanımlanır. Bilgilendirme amaçlı bilgisayar simülasyonlarının kullanımı çok az avantaj sağlamaktadır. Bilgisayar simülasyonları öncelikle öğrencilere deneyim kazanarak kavramları keşfetme imkanı verir. Simülasyonların bilgi ve problem çözme ile bütünleştirilerek sınıflarda kullanılması umut vaat eden iki uygulama olarak görünmektedir (akt: Akpan, 2000, s.2).

Bilgisayar simülasyonları öğrencilerin odaklanılan amaçları yansıtmalarını ve tartışmalarını da sağlar. Öğrenciler küçük gruplar halinde çalışarak fikirlerini paylaşır ve fikirlerin anlamlarını irdeler. Simülasyon programını yeniden çalıştırarak fikirlerini yeni bir yaklaşım çerçevesinde değerlendirirler. Bilgisayar simülasyonlarını birbirleriyle etkileşim içerisinde kullanmak kavramsal değişim için önemli veriler sağlar (akt: Tao ve Gunstone, 1999, s.862).

Levin ve Waugh (1988, s.71-79) simülasyonların çeşitli boyutlarda analiz edilebileceğini vurgular. Birinci boyut simüle edilen gerçek dünyadaki bir sistemin aynen temsil edilmesini ifade eden doğruluktur. Bu gerçeğe yakınlık olarak da düşünülebilir. Mühendislik veya tıp alanlarındaki uygulamalar (çevre planlaması, köprü tasarımı, otopsi) düşünüldüğünde gerçeğe yakınlık önemli bir faktör haline gelmektedir. İkinci boyut acemi bakış açısından uzman bakış açısına doğru sistematik olarak ilerleyen ve öğrencilere katkı sağlayan dinamik destektir. Bu boyut öğrenmenin prensiplerinden olan yakından uzağa ilkesi ile bağdaştırılabilir. Üçüncü boyut ise, kapsam genişliği, modellenen sistemle ilgili gözlemlerin ve zihinsel aktivitelerin genişletilmesidir. Son boyut ise, öğrenci kontrolüdür ve bir simülasyon çevresinden diğerine farklı şekillerde yapılabilir.

Simülasyonlar öğrencilerin problem çözme ve tartışma gerektiren öğretim sürecine aktif olarak katılımını sağlar. Simülasyon çalıştırıldığında, simülasyon artık öğrencileri de kapsayan dinamik bir sistemdir. Bu nedenle simülasyonu kullanmak öğrencileri sistemsel düşünmeye ve bilimsel kavramların oluşturduğu sistemleri

anlamaya teşvik eder (akt: Costello, 2001, s.5–6). Bilgisayar simülasyonları bilgiyi zengin ve çoklu olarak temsil ederek öğrencilere bilgilerini yapılandırabileceği gerçek bir ortam sağlar. Kısaca bilgisayar simülasyonları kavramsal değişimi sağlayacak kapasiteye sahiptir ve öğrencilere etkili uygun bir kognitif öğrenme bağlamı sağlar. İyi şekilde hazırlanmış bilgisayar simülasyonları öğrencilerin anlamlı öğrenmelerini ve probleme dayalı düşünme becerilerini geliştirecek potansiyele sahiptir (Hsu ve Thomas, 2002, s.956).

Birçok eğitimci gerçek laboratuvar aktivitelerini tercih etmesine karşın, bilgisayar simülasyonları örneğin;

1. Başka şekilde yapılamaz aktivitelerle öğrencilerin etkileşmesine fırsat verir: Sınıflardaki uçuş simülatörleri gerçek imkânlarla ulaşılamaz (fiyat, güvenlik ve fizibiliteden dolayı) olduğu için öğrencilere uçuş deneyimi kazanmalarına izin verir (Kurt, 2000, s.14).
2. Akademik performansı ve öğrenme başarı düzeylerini artırır: Örneğin Betz (akt: Kurt, 2000, s.14) yaptığı bir çalışmada bilgisayar simülasyonları kullananların sınavlarda daha başarılı olduğunu tespit etmiştir
3. Bilgisayar simülasyonları neredeyse gerçek laboratuvar deneyleri kadar etkilidir: Choi ve Gennaro (akt: Kurt, 2000, s.14) hacmin yer değiştirmesi kavramının öğretilmesinde simülasyonların laboratuvar aktiviteleri kadar etkili olduğu sonucuna ulaşmıştır.
4. Akran etkileşimini geliştirir: Bilan (akt: Kurt, 2000, s.14) yaptığı bir çalışmada bilgisayar simülasyonları kullanan öğrencilerin gözlemlerine ve ulaştıkları sonuçlara göre birbirleri ile etkileşime girerek tartıştıklarını, deneyimlerini paylaştıklarını tespit etmiştir.
5. Öğrencilere anında ve güvenilir geribildirim verir: Öğrenciler bir çarpışma simülasyonunda ortamın şartlarını (yerçekimi, hava direnci, sürtünme gibi) veya cisimlerin fiziksel-kimyasal (cisimlerin yapıldığı maddenin cinsi, esneklik özellikleri, kütleleri gibi) özelliklerini belirleyebilir ve bunlara bağlı olarak değişiklikleri anında gözleyebilir (Kurt, 2000, s.14).

Laboratuvar aktiviteleri öğrencilerin fen bilimlerini öğrenmelerine yardım etmek için uzun zamandır kullanılmaktadır. Özellikle fizik alanında laboratuvar aktiviteleri verilen bir fiziksel olguya ilişkin modelin daha iyi anlaşılmasına olanak verir. Laboratuvar sınıflarında öğrenciler araç-gereçleri kullanır, veri toplar ve öğrenme sürecinin aktif bir parçası olur. İlke olarak laboratuvar sınıfları olabildiğince desteklenir ve öğrencileri teorik derslere motive etmek için de önemlidir. Laboratuvarlarda pratikte istenilen sonuçlar bazen gözlenemez. Bazen de laboratuvar aktiviteleri çok yorucu olur ve bu nedenle öğretim sürecini yürütmek öğretmenler için oldukça güç olabilir (Barbeta ve Branco, 1998, s.1; A Mian ve Zahidi, 2002, s.175). Bu nedenle, bilgisayar simülasyonlarının laboratuvar uygulamalarında kullanılırken aşağıda belirtilen bazı özellikleri dikkate alınması faydalı olabilir (A Mian ve Zahidi, 2002, s.176).

- Gerçek-zaman: Simülasyonlar en geniş anlamda gerçek-zaman içerisinde gerçekleşen ve gerçekleşmeyen olarak ikiye ayrılabilir. Gerçek-zaman simülasyonları temsil ettiği gerçek olgunun gerçekleşmesinde geçen süre ile aynı zaman ölçeğine sahiptir. Bu tarz simülasyonlar özellikle bir sürece veya sisteme ilişkin davranışsal yapı ve etkilerin belirlenmesinde sıklıkla kullanılır.
- Kullanımı kolay ve açık bir arayüz: Simülasyon programı çok karışık ve değişkenlerin değiştirilmesi için birçok özelliğe sahip ise öğrenciler bu durumda simülasyondan öğrenmek yerine onu kullanmaya daha fazla zaman harcayabilir.
- Görüntü: Olgunun dinamik temsili öğrencilerin simüle edilen deneyimi daha kolay ve gerçekçi olarak öğrenmesine yardımcı olur.
- İyi bir rehber: Öğrencilerin simülasyon programlarını kullanırken aktivitelere göre yönlendirilmesi, simülasyonlardan etkili bir biçimde yararlanmalarını sağlar.

Fen sınıflarında, istenmeyen bir durum olarak, bilgisayar simülasyonları kullanıldığında öğretmen bilimsanlarının öğrendiği yollardan farklı bir yolla öğrencilerine kavramı öğretmeye çalışmaktadır. Örneğin, ideal gazla ilgili bir

simülasyon kullanıldığında öğrenciler fiziksel bir deney yapmamaktadır. Aslında simülasyonda gözlemlediklerini herhangi bir laboratuvarda doğrudan gözleyemezler. Benzer durum yörünge hareketleri veya fizik optik için de geçerlidir. Bilgisayar simülasyonlarının sınıflarda kullanılmasının etkisi programın detaylarına ve hangi yolla uygulandığına bağlıdır (Steinberg, 2000, s.37).

Simülasyonlar deneylerin temsil edilmesinde etkili birer araç olmasına karşın bazı klasik deneylerin gerçek labrotuvarlarda yapılması daha uygundur. Simülasyon destekli laboratuvar alıştırmalarının kullanılmasının daha önce vurgulandığı gibi bazı nedenleri vardır. Bunların yanı sıra öğrenciler bilgisayar destekli gösterileri daha fazla çekici bulabilir ve günlük yaşamda karşılaştıkları durumların farklı yüzleri ile etkileşmeyi sevebilir. Ayrıca konu ile ilgili birçok simülasyon internetten de gerekli olduğu zaman indirilebilir (Nancheva ve Stoyanov, 2005, s.3).

Genellikle sınıflarda gerçek bir öğrenme ortamının oluşturulması ile ilgili sıkıntılar nedeniyle, bilgisayar simülasyonları günlük yaşama ilişkin gerçekleri temsil etme ve laboratuvar deneylerini yapılmasını sağlayabilme yeteneklerinden dolayı ön plana çıkmaktadır. Örneğin Bork ve Steinberg (akt: Anderson ve Zacharia, 2003, s.618–619), deneyimlerin yetersiz kalması durumunda, bilgisayar simülasyonları ile gerçek bir ortam hazırlanarak soyut kavramlara ilişkin bir bakış açısı kazandırılabilmesine işaret eder. Buna karşın, simülasyon tasarımcılarının herhangi bir olgunun hangi özelliklerini simülasyona dahil edecekleri konusunda oldukça dikkatli karar vermeleri gerekir. Öğrencilerin modele ilişkin bilgiyi en iyi şekilde kullanabilmeleri ve keşfe dayalı öğrenmenin amaçlarının gerçekleşmesi için simülasyon ortamıyla bütünleştirilerek hazırlanmış araçlara gereksinim vardır (akt: Zumbach, 2006, s.283).

Araştırmacılar bilgisayar simülasyonlarının başarısını a) öğrencileri yetkilendirmesine (motivasyon, bireysel öğrenme sorumluluğu, güçlüklerle baş etmede yardımcı olma), b) benzersiz öğretimsel kapasitesine (öğrencileri bilgi kaynakları ile ilişkilendirmesi, öğrencilerin problem ve çözümleri görselleştirebilmeleri, öğrenme sürecinin takip edilmesi, öğrencilerin öğrenme araçları ile bütünleştirilmesi, öğrencilere gerçek bir interaktif öğrenme deneyimi kazandırması), c) yeni öğretimsel yaklaşımları desteklemesine (işbirlikçi öğrenme,

yapılandırıcı yaklaşım), d) becerileri geliştirmesine (araştırma, organize etme, iletişim), e) kavramların gelişimine ve kullanılmasına yardım etmesine, f) bilişsel becerileri geliştirmesine (kritik düşünme, problem çözme) ve g) tutumları geliştirmesine (ilgi, risk alma, objektif olma, dikkat, güven, gayret, memnunluk, merak, fikir birliği) bağlamaktadır (akt: Anderson ve Zacharia, 2003, s.618).

Yüksek kalitede bilgisayar simülasyonlarının kullanılması diğer çevrimiçi metotlarla karşılaştırıldığında öğrencilerin başarı ve motivasyonunu daha fazla arttırmaktadır (Roach, 2003, s.30). Bilgisayar simülasyonlarının kullanılması öğrencilerin fen bilimlerine ilişkin istenilen tutumların da geliştirilmesine yardımcı olur. Chou (akt: Zacharia, 2003, s.796) yaptıkları araştırmada simülasyonların kavramsal değişime dayalı bir öğrenme ortamında kullanılmasının öğrencilerin fizik ve bilgisayarların öğretimsel kullanımı konularında daha fazla pozitif tutumlar sergilemelerine yardımcı olduğu sonucuna ulaşmıştır. McKeachie (akt: Bernstein vd., 2002, s.9) simülasyonların avantajlarının öğrencileri pasif gözlemciler yerine aktif katılımcılar yaptığına işaret etmektedir. Bu yolla öğrenciler tartışır, problem çözer ve elde ettikleri sonuçları paylaşır. Dekkers ve Donatti (akt: Bernstein vd., 2002, s.9) ise simülasyonların öğretimde önemli bir faktör olan motivasyonu pozitif yönde arttırdığını vurgulamıştır. Parente (akt: Bernstein ve diğ., 2002, s.9) ise, simülasyonların öğrencilerin deneyim kazanabilecekleri bir öğrenme ortamının inşa edilmesinde kullanılabileceğini ifade etmiştir. Bu ortamda öğrenciler çeşitli durumların doğasına ilişkin analizler yapabilirler.

Simülasyonların vurguladığımız önemlerine karşın, bazı araştırmacılar simülasyonların öğrenmeye sağladığı faydaların belirsiz olduğuna kanaat getirmektedir (akt: Zacharia, 2005, s.1743). Bilgisayar simülasyonlarının kullanılmasındaki asıl önemli amaç pedagojik olarak istenilen etkiye ulaşabilmektir. Simülasyonların etkin kullanımı yönlendirme ve takip gerektirir. Aksi halde simülasyon amaçlanan etkiyi vermeyebilir (Barbeta ve Branco, 1998, s.2; akt: Korkmaz, 2007). Hsu ve Thomas (akt: Zacharia, 2005, s.1743) simülasyonların öğrenme ve öğretme sürecindeki avantajlarının rastgele ortaya çıkamayacağını bunun ancak dikkatli bir planlama ile mümkün olabileceğine işaret etmektedir. Başarılı bir planlama için bazı faktörler dikkate alınmalıdır: a) pedagojik destek (öğretimsel

yaklaşımlar, öğrenme stratejileri) b) simülasyonun dizaynı (sistemin programsal geliştirilmesi ve gösterimi) c) simülasyonun sağladığı öğrenme ortamı (dinamik, görsel, çoklu temsil öğrenme ortamları, öğretimsel kapasite) d) öğrenci becerileri, tutumları ve kavramsal anlama.

Bilgisayar simülasyonları öğretim sürecinde informal bir şekilde kullanılmamalıdır. Bilgisayar simülasyonları iyi hazırlanmış bir program çerçevesinde dikkatlice kullanılmalıdır. Ayrıca diğer öğretim stratejilerinden izole edilerek bir değerlendirme veya ders sonu sınavı şeklinde kullanılmamalıdır. Bilgisayar destekli aktiviteler fiziksel dünya ile ilgili öğrencilerin kavramsal bir anlama sağlayabilmeleri için pratik alıştırmalar, nicel soruların analizi gibi diğer aktivitelerle bağdaştırılmalıdır (Graham ve Rowland, 2000, s.484).

Örneğin, gerçek durumlara ilişkin bilgisayar simülasyonları açıklayıcı öğrenme aktiviteleri ile birlikte kullanılırsa, simülasyonlar öğrencilerin problem çözme ve transfer becerilerini geliştirmelerini kolaylaştırır. Kavrama gerçekleştiğinde öğrenme diğer benzer yeni durumlara transfer olur. Bilgisayar simülasyonları aynı zamanda bir öğrenme ortamında öğrencilerin metakognitif becerilerini desteklemede de kullanılabilir. Metakognitif beceriler öğrenme ve transfer sürecinde önemli role sahiptir. Metakognitif beceriler düşünmeye ve düşünme sürecinin düzenlenmesine ilişkin bilgileri içerir. Metakognitif becerilerinin geliştirilmesindeki metotlardan birisi, öğrencilerin kendi kendilerine deneyim kazanarak, öğrenme süreçlerini yine kendilerinin değerlendirmeleridir. Bilgisayar simülasyonları öğrencileri bu amaçla desteklemede de kullanılabilir (akt: Hsu ve Thomas, 2002, s.957).

Ayrıca sınıfların kalabalıklığı simülasyonların etkili bir biçimde kullanılmasını engelleyebilmektedir. Çünkü birbirini izleyen aktiviteleri veya hareketleri öğrencilerin sürekli takip etmelerini sağlamak öğretmenler için bazen güç olabilmektedir. Öğrencilerin simülasyonların kuralları ve özellikleri ile ilgili bir rehber ihtiyacı vardır (Bernstein vd., 2002, s.9). Hsu ve Thomas'a (akt: Zacharia, 2005, s.1744) göre ise iyi dizayn edilmiş simülasyonlar gerçekliği teşvik eder, keşfi cesaretlendirir, çoklu temsillere olanak sağlar ve önceki eylemlerin kaydedilmesine fırsat verir. Fakat tüm bunlara rağmen simülasyonlar öğrenme sürecinin sadece bir

parçasıdır. Bu nedenle simülasyonları destekleyen öğrenme aktiviteleri ile öğretilen programı destekleyen simülasyonların bütünleştirilmesi gerekir. Aksi durumlarda simülasyonlar istenilen sonuçlara ulaştırmayabilir (akt: Zacharia, 2005, s.1744)

Cameron’a göre (akt: Roach, 2003, s.30) öğretmenler gerçek yaşama ilişkin simülasyonları öğrencilere eğitimsel deneyimler kazandırmaları nedeni ile araştırıp kullanmalıdır. Fakat bilgisayar simülasyonlarının avantajlarının yanında dezavantajları da vardır.

- Öncelikle bilgisayar simülasyonları çoğu zaman probleme dayalı öğrenme metotları ile kullanılır. Yani bilgisayar simülasyonları genellikle diğer yaklaşımlarla birlikte etkili hale gelir.
- Simülasyonların diğer yaklaşımlarla birlikte kullanılması öğretimde daha fazla zaman harcanmasına neden olabilir. Bazı durumlarda simülasyonlar gerçek yaşamdaki durumları aşırı basitleştirdiğinden yanlış anlamalara da yol açabilir.
- Bilgisayar simülasyonlarının geliştirilmesi kapsamlı bir planlama, anlamlı araştırma ve finansal kaynak gerektirir.

Bilgisayar simülasyonlarının olası bir dezavantajı da algısal mekanizmasıdır. Hennessy ve O’Shea (akt: Graham ve Rowland, 2000, s.484) serbest düşmeye bırakılan kütleleri farklı iki cismin hareketi ile ilgili öğrencilerle yaptığı bir çalışmada idealize edilmiş durumla-edilmemiş durum arasındaki farkın anlaşılması yönünde yeterli bir kanıt olmadığı fakat öğrencilerin verilen şartlar altında durumu incelemelerini teşvik ettiği sonucuna ulaşmıştır.

Maalesef fen öğretimindeki geleneksel yaklaşımların bir sonucu olarak, bilgisayar simülasyonlarının sınıflarda kullanımı öğretmen tarafından emredilerek öğrencilerin basamak basamak takip ettiği bir yemek kitabındaki yemek tarifinden öteye gidememektedir. Bilgisayar simülasyonlarının geleneksel kullanımı yapılandırıcı yaklaşımlarda kullanıldığı gibi öğrencilere zenginleştirilmiş öğrenme ortamında konuya ilişkin kendi hipotezlerini serbestçe değerlendirme ve test etme fırsatı vermez (Windschitl ve Andre, 1998, s.148; akt: Zacharia, 2003, s.796).

Eğitimsel değerine bağlı olarak bilgisayar simülasyonları, bilgisayarların sınıflardaki kurtarıcısı olarak algılanabilir. Fakat bilgisayar simülasyonlarının etkililiği ve verimliliği ile ilgili evrensel bir kanıt yoktur. Bazı çalışmalar da pozitif etkiler belirlenirken diğerlerinde ise bilgisayar simülasyonlarının öğretimsel olarak bir avantajı bulunamamıştır. Araştırmalardaki bu tutarsızlık öğrenmenin karmaşık bir süreç olduğu düşünüldüğünde şaşırtıcı değildir. Bir öğrenme ortamı olarak simülasyonların esnekliği ve hangi durumlar için hangi simülasyonların kullanıldığı da bu tutarsızlığa neden olabilmektedir (akt: Hsu ve Thomas, 2002, s.956).

Araştırma sonuçlarındaki tutarsızlıkların sebepleri olarak üç temel nokta göze çarpmaktadır; yetersiz pedagojik destek-simülasyon dizaynındaki eksiklikler-yetersiz öğrenme becerileri. Çünkü simülasyonlar tek başına/bağımsız bir öğrenme aracı değildir ve buna bağlı olarak araştırma sonuçları problem haline gelebilmektedir (Hsu ve Thomas, 2002, s.956). Örneğin Jong vd. (akt: Hsu ve Thomas, 2002, s.956) simülasyonların etkisizliğini, simülasyonlarla ilgili güçlükleri öğrencilerin kendi kendilerine giderme kabiliyetsizliği ile ilişkilendirmiştir. Üretken tahminleri destekleme, başarılı öğrenme stratejilerinin tartışılması ve olgunun disiplinle ilişkilendirilmesi gibi pedagojik destekler gözden kaçırılmaktadır. Öğrenci güçlüklerin nedeni simülasyonda gömülü olan çok soyut veya simüle edilmesi öğrenciler için anlamlı olmayan kavramlar olabilir. Öğrenciler hipotez test etme-genelleme-modele dayalı ilişkilendirme gibi problem çözme yaklaşımlarını da bilmeyebilir (Hsu ve Thomas, 2002, s.956).

Simülasyonların öğretimde diğer bileşenlerle (işbirliği, laboratuvar deneyleri, değerlendirme) birlikte ne zaman ve nasıl ilgili kullanıldığında maksimum etki yaratacağına ilişkin araştırmalar bize bu konuda yeterli fikir vermemektedir. Tyliniski (akt: Akpan, 2000, s.2) geleneksel laboratuvar yaklaşımına ve tamamlanmış bilgisayar simülasyonlarına göre solucanların otopsisini ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Son değerlendirmede geleneksel yaklaşımlara göre deneyim kazanan öğrenciler daha fazla performans sergilemiştir. Yapılan başka bir çalışmada ise hayvanların üremesi ile ilgili simülasyonların dersten önce verilmesinin daha faydalı olduğu belirlenmiştir. Aslında uygun simülasyonların gerek dersten önce gerekse dersten

sonra verilmesi yeni kavramların öğrenilmesi konusunda öğrencilere deneyim kazandırır (akt: Akpan, 2000, s.2).

Bilgisayar simülasyonları eylemlerle ilgili verileri kaydederek öğrencilere problem çözerken düşünceleri için daha fazla bilgi sağlar. Genellikle öğrenciler bilgisayar simülasyonlarını kara kutu olarak kabul etmektedir. Simülasyondaki girdi-çıkı değerlerini dikkate alarak öğrenciler girdi-çıkı arasındaki fonksiyonel bağlılık ilişkisini ortaya çıkarır. Girdi-çıkı analizi öğrencilere simülasyondaki eylemleri yeniden düşüncelerine fırsat vererek problem çözme metotlarını revize etmelerini sağlar. Bu süreç aynı zamanda öğrencilerin metakognitif becerilerini de besler. Bilgisayar ortamında, araştırmacı önceki durumları ve öğrenci aktivitelerini kaydederek öğrencilerin öğrenme stratejilerini takip etmek için kendine bir pencere açmış olur. Bilgisayar simülasyonlarının avantajları ancak dikkatli bir planlama ile sonuca dönüşür. Bilgisayar simülasyonları top yekün bir öğrenme paketi değildir fakat öğrenme/öğretme deneyimlerinin bir parçasıdır. Bu nedenle simülasyonlar simülasyonu destekleyen müfredat ile ve simülasyonların desteklediği öğrenme aktiviteleri ile bütünleştirilmelidir. Belirli bir biçimde simülasyonların rolü öğrenme tecrübesi kazandırmaktır fakat bu tecrübenin önemi öğrenciler için her zaman açık olmayabilir. Simüle edilmiş bir ortama dayandırılarak geliştirilen stratejilerin bilgileri yapılandırdığına yardım edip-etmediğinin değerlendirilmesi gerekir. Araştırmacıların, aynı zamanda, öğrencilerin interaktif simülasyonlara bağlı olarak nasıl bir kavramsal değişim süreci ve öğrenme becerisi sergilediği ile ilgili daha fazla bilgiye ihtiyacı vardır (Hsu ve Thomas, 2002, s.957-958).

Özetlemek gerekirse; gerçek yaşamdaki bir sistem veya süreç, bilgisayar modelinde bir kesit biçiminde veya küçültülmüş formda temsil edilir. Bilgisayar simülasyonlarını kullananlar diğer kullanıcılarla veya diğer bileşenlerle simüle edilmiş ortamda etkileşir. Bilgisayar simülasyonları aynı zamanda kompleks sistemler veya süreçlerle etkileşimde, analiz ve dizayn etmede güçlü araçlardır. İyi dizayn edilmiş simülasyonlar mevcut öğrenme amaçlarına ilişkin güçlü bir model sağlar. Bununla birlikte, simülasyonlar basitleştirme yoluyla gerçek yaşamdaki sistemlerin veya süreçlerin özellikleri ile ilgili olarak öğretmen ve öğrencileri bilgilendirir. Etkili bilgisayar simülasyonları çalışılan sistem veya durumu tam bir

şekilde tanımlamak amacıyla matematiksel modellerle birlikte geliştirilir. Bilgisayar simülasyonları aynı zamanda gerçek yaşamdaki durum veya süreçlerin önemsiz özelliklerini dışarıda bırakılmasına da yardımcı olarak etkili bir öğrenme aracı olarak kullanılabilir. Bilgisayar simülasyonları, gerçek çevrenin veya kavramsal bir sistemin dinamiklerini ve yapısını modelleyerek gerçek dünyayı anlayıp-anlamadığımızı kontrol etmemizi sağlayan bir metot sağlar. Gerçek bir problemin veya sistemin bileşenlerine odaklanarak gerçek yaşama ilişkin becerilerle ilgili olarak interaktif alıştırmalar yapmamıza yardımcı olur. Bilgisayar simülasyonları, interaktif müze gösterilerine benzer şekilde kompleks ve teknik bilimsel bilgiyi karşı tarafa iletir. İyi dizayn edilmiş bir bilgisayar simülasyonu gözlenen olayların neden gerçekleştiğini anlamaya, fikirlerin değerlendirilmesine, bakış açısı sağlamaya ve kritik düşünmeyi harekete geçirmeye yardım ederek öğrencileri birbiri ile etkileştirir. Bilgisayar simülasyonları aynı zamanda öğretim süreci içerisinde anında geribildirim sağlar. Esnek ve dinamik bir yapıya sahip olduklarından belirli öğrenme amaçlarının gerçekleştirilmesine de yön verebilir. Hipotez senaryolarını ve hipotezleri test etmeye izin vermesi bakımından simülasyonlar fen eğitiminde önemli bir araçtır (akt: Nancheva ve Stoyanov, 2005, s.2–4). Fen öğretiminde bilgisayar simülasyonlarının daima başarılı olmamasına karşın, simülasyonlar umut verici bir gelişim içerisinde. Bununla birlikte bu şekildeki öğrenme ortamının etkiliğinin değerlendirilmesine ihtiyaç vardır.

1.9.3. İlgili Araştırmalar

Jimoyiannis ve Komis (2001), bilgisayar simülasyonlarının öğrencilerin yörünge hareketlerini anlamalarına etkisini incelemiştir. Bu kapsamda, öğrencilerin hız ve ivme kavramlarını uygularken hangi temel zorluklarla karşılaştıklarını, bilgisayar simülasyonlarının öğrencilerin alternatif kavramlarına etkileri araştırılmıştır. İki öğrenci grubundan biri deney diğeri ise kontrol grubu olarak kullanılmış; deney grubunda simülasyon destekli öğretim, kontrol grubunda ise geleneksel öğretim yapılmıştır. Sonuçta bilgisayar simülasyonlarının öğrencilerin hız ve ivme konusundaki kavram yanlışlarının giderilmesinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Tunca (2003), Newton fiziğine odaklanan, “gözlemleyerek çalışma” ve “programlayarak çalışma” adlı iki modu destekleyen “Fiziksel Dünya” adlı sanal laboratuvar programı ile öğrencilerin kavram yanlışlarının giderilmesi üzerinde çalışmıştır. Araştırmada, bir eğitmen yardımı ile, toplam altı lise iki öğrencisinden iki öğrenci “gözlemleyerek çalışma” modu, iki öğrenci “programlayarak çalışma” modu ve iki öğrenci her iki modun karışımı ile altışar saat Fiziksel Dünya’yı kullanarak kuvvet ve hareket kavramlarını ele almıştır. Tüm öğrenciler FCI’dan seçilmiş 10 soruluk bir kuvvet kavram testini ön test ve son test olarak almış ve öğrencilerin test sonuçları, Fiziksel Dünya’nın iki modunun ve iki modun birlikte kullanımının, kavram yanlışları üzerinde etkilerinin tespit edilmesi için incelenmiştir. Öğrencilerin çalışmalarındaki faaliyetlerinden, “programlayarak çalışma” modunun bilimsel düşünmeye pozitif etkisi için kanıtlar bulunmuş ve iki modun birlikte kullanımının kavram yanlışlarının giderilmesi konusunda pozitif etki yarattığı sonucuna ulaşılmıştır.

Zietsman and Hewson (1986), hız konusundaki alternatif kavramların teşhis ve tedavi edilmesi amacıyla bir bilgisayar simülasyonu kullanarak bilgisayar simülasyonlarının güvenilir temsiller olduğuna ve alternatif kavramların azaltılmasında önemli bir kavramsal değişim aracı olabileceğine işaret etmiştir. Ayrıca Hewson (Akt: Graham ve Rowland, 2000, s.479) rölatif hareketle ilgili kavram yanlışlarının teşhis ve tedavisine odaklanan bir bilgisayar yazılımı kullanmıştır.

Tao ve Gunstone (1999), öğrencilerin mekanik konusundaki kavram yanlışlarının giderilmesi amacıyla bilgisayar simülasyonları geliştirmiştir. Öğrencilerdeki kavramsal değişimi belirlemek için kavramsal bir test ön test ve son test olarak öğrencilere uygulanmıştır. Öğrenciler bilgisayar simülasyonlarını çiftler halinde işbirlikçi bir yaklaşımla kullanarak bir çalışma yaprağı çerçevesinde tahmin-gözlem-açılımlarda bulunmuştur. 12 öğrenciye ilişkin veriler kaydedilmiş ve verilerin analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre öğrencilerin kavram yanlışları ile bilimsel kavramlar arasında bocaladığı ve öğretim süresince kavramsal değişimin kararsız bir yapı sergilediği görülmüştür. Sadece birkaç öğrenci kararlı kavramsal değişim örneği sergilemeyi başarmıştır.

Şengel vd. (2002), fizik dersi ile birlikte verilen bilgisayar simülasyonları ile hazırlanmış deneylerin yer değiştirme ve hız kavramlarını anlamadaki etkisini yine dersle birlikte verilen geleneksel laboratuvar çalışması ile karşılaştırmıştır. Deney grubuna bilgisayar simülasyonlu deney, kontrol grubuna da geleneksel laboratuvar yöntemi yer değiştirme ve hız kavramlarını anlatmak üzere uygulanmıştır. Bu çalışmada kavramsal değişimi belirlemek amacıyla Hız ve Yer Değiştirme Kavramları Başarı Testi bütün öğrencilere uygulanmıştır. Sonuç olarak bilgisayar simülasyonlarından faydalanan öğrenci grubunun hız ve yer değiştirme kavramlarını anlamada istatistiksel olarak daha iyi oldukları tespit edilmiştir. Buna dayanılarak bilgisayarlı simülasyonlarının bazı konularda en az laboratuvar deneyleri kadar etkili olduğuna işaret edilmiştir.

Tao ve Gunstone (1999), bilgisayar simülasyonlarının işbirlikçi öğrenme yaklaşımıyla kullanılmasının, kavramsal değişime bağlı olarak, öğrencilerin mekanik konusundaki kavram yanılgılarının giderilmesine etkisini araştırmıştır. Bu amaçla simülasyonlar hazırlanmış ve kavramsal değişimi belirleyebilmek amacıyla kavramsal bir test kullanılmıştır. Öğrenciler çiftler halinde işbirliğine dayalı olarak simülasyonları kullanarak tahmin-gözlem-açıklamada bulunmuştur. Sonuç olarak simülasyonlarla edinilen deneyimlere bağlı olarak öğrencilerin kavramlarını yeniden yapılandırdıkları tespit edilmiştir.

Zacharia ve Anderson (2003), öğrencilerin daha önce mekanik, optik, dalgalar ve ısı konularında laboratuvarda yaptıkları deneylerin bilgisayar simülasyonları ile desteklenmesinin kavramsal anlamaya etkisini araştırmıştır. Bu amaçla bir öğretim döneminde simülasyonlar ve deneyler bütünleştirilerek kullanılmıştır. Yapılan gözlemlerde simülasyonların, öğrencilerin deneylere ilişkin kabul edilebilir tahminler ve açıklamalarda bulunmasını geliştirdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, her bir konudaki kavramsal değişimi belirleyebilmek için kavramsal testler kullanılmış ve sonuçta bilgisayar simülasyonlarının çalışılan konularda kavramsal değişimi anlamlı bir şekilde desteklediği görülmüştür.

Laws vd. (1999), tarafından yapılan araştırmada, konulara ilişkin interaktif gösterilerin sunulmasının öğrencilerin fizik kavramlarını anlamasına pozitif bir katkısı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Buna karşın, geleneksel öğretime bağlı olarak

beş farklı üniversiteden seçilen 1200 öğrencinin yalnızca %30'nun ivme konusunu anladıkları tespit edilmiştir.

Steinberg (2000), simülasyonların öğrencilerin öğrenmesine yardımcı olup olmadığını belirlemek amacıyla hava direnci ile ilgili bir simülasyon kullanmıştır. Simülasyon kullanılmasının ve interaktif bir öğrenme ortamının etkilerini belirlenmesi için, sınıflardan birisine simülasyon diğerine ise sadece kâğıt-kalem aktiviteleri yaptırılmıştır. Her iki öğrenme ortamında, öğrencilerin öğrenmeye karşı olan yaklaşımlarında farklılıklar saptanmasına karşın, hava direnci ile ilgili alışlagelen değerlendirme sorularına verilen cevaplar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Monaghan ve Clement (2000), öğrencilerin göreceli hareketle ilgili zihinsel modellerini ele alarak simülasyonların kavramsal değişime etkisini incelemiştir. Öğrenciler simülasyonlarla etkileştirilmiş ve öğrencilerin gözlem-tahmin-açıklamada bulunmalarına fırsat verilmiştir. Kavramsal değişimin ölçülmesi için bir teşhis testi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre simülasyonlar zihinsel karmaşıklara yol açarak öğrencilerin kavramlarını gözden geçirmelerine ve tartışmalarına olanak vermiştir.

Gorsky and Finegold (1992), hareket halindeki veya durgun cisimlere etki eden kuvvetlerle ilgili olarak öğrencilerin algılamalarını ortaya çıkaran simülasyonlar geliştirmiştir. Vektör dili kullanılarak çelişkiye dayalı bir öğretim stratejisi ile öğrencilerin kavramsal anlamalarını kendilerinin açıklamalarına fırsat verilmiştir.

White (1993), çalışmasında öğrencilerin Newton mekaniğinin altında yatan prensipleri somutlaştırmalarına, tahmin yapmalarına, problem çözmelerine ve bilgileri genellemelerine yardım edecek bir kavramsal model geliştirmeyi amaçlamıştır. Bu doğrultuda ThinkerTools isimli interaktif simülasyonlar geliştirmiştir. 11-12 yaş grubundaki öğrencilerle, kuvvetlerin bir cismin hareketini nasıl etkilediği konusunda bir öğretim süreci yürütmüştür. Ulaşılan sonuçlar, geleneksel metotlarla karşılaştırıldığında, interkatif simülasyonları ile öğretim gören öğrencilerin kuvvet ve hareket konusunda daha başarılı olduğunu göstermiştir.

Kim vd. (2005), simülasyonların öğrencilerin zihinsel karmaşıklığına ve kavramsal değişime etkilerini incelemiştir. Simülasyonların, kavram yanılgılarına bağlı olarak, cismin hareketinin anlaşılmasındaki iç karışıkları tetiklemede etkili olduğu belirlenmiştir. Öğrenciler simüle edilmiş fiziksel olguların farklı özelliklerini kullanarak, bilimsel kavramları kendileri ortaya çıkarmış ve geçerliğini saptamıştır. Araştırma sonucunda simülasyonların öğrencilerin kavram yanılgılarının giderilmesinde etkili araçlar olduğu vurgulanmıştır.

Carlsen ve Andre (1992), öğrencilerin elektrik devreleri ile ilgili sahip oldukları önyargıların giderilmesi için simülasyonların etkililiğini test etmiştir. Araştırmalarında üç farklı öğrenci grubu kullanılmıştır. Birinci öğrenci grubu, elektrik devrelerinin tasarımına ve test edilmesine ait simülasyonlar kullanmıştır. İkinci grup, sadece temel elektrik ders kitaplarını kullanmıştır. Son grup ise, hem ders kitaplarını hem de simülasyonları kullanmıştır. Araştırma sonucunda sadece simülasyon kullanımının ders kitaplarından daha fazla öğrenmeyi geliştirmediği, ama hem ders kitaplarını hem de simülasyonları aynı anda kullanmanın daha etkin bir öğretim sağladığı sonucu ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak, son gruptaki öğrencilerin daha karmaşık elektrik devre serilerini diğer gruplarla kıyaslandığında daha kolay çözümleyebildikleri görülmüştür. Bu araştırma ile ilgili tartışmalar, fiziksel olgulara ait bilgisayar simülasyonlarının pozitif yönde kavramsal değişimi canlandırdığı fakat katkısının çok fazla olmadığı yönündedir.

Ronen ve Eliahu (2000), simülasyonların elektrik devreleri konusunda öğrencilere gerçek ile teori arasında bir köprü kurmalarına yardım edeceğini hipotez ederek, 126 öğrenci ile bir araştırma yapmıştır. Araştırmada deney gurubu gerçek elektrik devrelerinin yanı sıra bunlara ilişkin simülasyonlar da kullanmıştır. Sonuçta her iki grup arasında başarı açısından anlamlı bir farklılık ortaya çıkmıştır. Ayrıca simülasyonlar öğrencilerin, kendi kendilerine, gerçek elektrik devrelerinde yaşanan güçlükleri aşmalarına ve sahip oldukları kavram yanılgılarını tanımlamalarına yardımcı olmuştur.

Davies (2002), simülasyonların dikkatli hazırlanmaları durumunda öğretimi etkinleştireceğini tespit etmiştir. Davies, bu amaçla, simülasyonların öğrenmeyi destekleyen karakteristiklerini incelemiştir. 2000 yılında, mühendislikte ısı transferi

dersini alan öğrenciler için simülasyonlar hazırlanmış ve öğrencilere tanıtılmıştır. Bununla birlikte, hazırlanan bu simülasyonlar biraz değiştirilerek, 2001 yılında, tekrar öğrencilere geri besleme sağlamak amacıyla sunulmuştur. Bu iki öğrenci grubunun simülasyonlar için verdikleri cevaplar, gözlemler ve öğretim süresince sorulan sorularla kaydedilmiştir. Elde edilen veriler, simülasyonların amacının öğrencinin amacıyla uygun olması ve öğrencilerin amacını desteklemesi durumlarında istenilen kavramsal değişimin sağlanabileceğine sonucuna ulaştırmıştır.

Hounshell ve Hill (akt: Zacharia, 2003, s.796), bilgisayar simülasyonlarını geleneksel laboratuvarların ve derslerinin içeriklerini genişletmek, zenginleştirmek, yeniden inşa etmek ve laboratuvar ve dersleri bütünleştirmek amacıyla kullanmıştır. Sonuçta laboratuvarlarda kullanılan simülasyonların yapılan diğer aktivitelerle birlikte başarıyı artırdığı belirlenmiştir. Zacharia ve Anderson (akt: Zacharia, 2003, s.796), öğretmenlerle yaptıkları araştırmada ise, bilgisayar simülasyonlarının uygun şekilde fizik programı ile bütünleştirilerek kullanılmasının fizik öğretimini geliştirdiğine işaret etmiştir.

Swaak, Joolingen ve Jong (1998), bilgisayar simülasyonları ve bunları destekleyen iki ölçüt kullanmıştır. Bu ölçütlerden biri model dizileri diğeri ise, ödevlerdir. Simülasyonlar sonundaki değerlendirmelerde ise, öğrencilerin sezgisel ve tanımsal bilgileri ölçülmüştür. Ölçüm için tanımsal bilgi testi, sezgisel bilgi testi ve öneri bilgi testi şeklinde üç bilgi testi kullanılmıştır. Araştırmada SETCOM (System for Exploratory Teaching Conceptual Model of Oscillatory) adını verdikleri ve simülasyon içeren bir teknik kullanılmıştır. Uygulama kapsamında, bir grup öğrenci model dizileri ve ödevleri, bir başka grup sadece model dizileri kullanmak suretiyle ve son grup ise bunlardan hiç birini kullanmaksızın araştırmaya katılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda simülasyonların faydalı olduğu ve simülasyonların model dizileriyle birlikte sunulması halinde etkinliklerinin artacağı tespit edilmiştir.

Kangassalo (1994), 11 öğrenciyle dört hafta süren ve güneşin ve dünyanın durumuna göre güneş ışınları ve sıcaklıkla ilgili simülasyonlar kullanarak bir araştırma yapmıştır. Öğrenciler zamanı kontrol ederek her bir mevsim için olguyu

simülasyonda incelemiştir. Araştırma sonunda öğrencilerin kavramsal modellerini geliştirdiği saptanmıştır.

Windschitl ve Andre (1998), öğretimsel bir araç olarak dolaşım sistemi ile ilgili bilgisayar simülasyonlarının kullanılması ile nesnel yaklaşımın öğrencilerde kavramsal bir değişime yol açıp-açmayacağını açısından karşılaştırmıştır. Bilgisayar simülasyonlarının kullanılmasının beklenenden fazla kavramsal değişime yol açarak öğrencilerin belirlenen altı alandan ikisinde alternatif kavramlarını değiştirdiği gözlemlenmiş fakat diğer dört alanda anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Kinzer vd. (1989), besin zinciri ile ilgili simülasyonların öğrencilerin başarısına etkisini araştırmıştır. Bu amaçla sınıflardan birine simülasyonlar kullanırılmış diğerine ise açıklayıcı metinler verilmiştir. Son test sonuçlarına göre açıklayıcı metin kullanan öğrencilerin simülasyonları kullananlara göre daha başarılı olduğu tespit edilmiştir.

Lewis vd. (1993), öğrencilerin dinamik ile ilgili simülasyonları kullanarak öğrendikleri bilgileri doğal olarak meydana gelen problemlere uygulama durumlarını değerlendirmiştir. Beş sınıfla yapılan çalışma sonucunda, öğrencilerin simülasyonları anlayarak gerçek durumdaki süreçlerle bütünleştirebildikleri belirlenmiştir.

Bourque ve Carlson (1987), aynı konuda uygulamalı laboratuvar alıştırmaları ile bilgisayar simülasyonlarının etkililiğini incelemiştir. Çalışma her iki yaklaşımın oluşturduğu çiftin öğrenmeye etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu doğrultuda, 51 kimya öğrencisi simülasyon aktiviteleri ile çalışmıştır. Ön test ve son test sonuçlarına göre uygulama laboratuvarlarını takiben simülasyonların kullanılmasının öğrencilerin başarılarını artırdığı belirlenmiştir. Bourque ve Carlson, elde edilen sonuçlara göre, simülasyonların daha önce yaptırılan uygulama deneylerini desteklemek amacıyla kullanılabileceğini vurgulamıştır.

Choi ve Gennaro (1987), hacmin yer değiştirmesi ile ilgili simüle edilen deneylerin uygulama laboratuvar deneyleri ile paralel götürülmesi durumunda anlamaya etkisini araştırmıştır. 128 öğrenci ile yapılan çalışmada, ön test son test sonuçlarına bağlı olarak, konuya ilişkin simülasyonların en az uygulama laboratuvar deneyleri kadar etki olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Geban vd. (1992), 200 öğrenci ile yaptıkları çalışmada, bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş deneyler ve problem çözmenin öğrencilerin başarı, bilimsel süreç ve tutumlarına etkilerini araştırmıştır. Çalışmada bilgisayar simülasyonlarının geleneksel yaklaşımdan daha fazla başarıyı arttığı ve bilimsel süreç becerilerini geliştirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

1.10. Araştırmanın Amacı

Bu araştırma bilgisayar simülasyonları ile desteklenen deneysel aktivitelerin öğrencilerin kavram yanlışlarının giderilmesine etkisini ele almaktadır. Bu çerçevede araştırmanın temel problemi şudur: Geleneksel doğrulayıcı laboratuvar yaklaşımına göre yaptırılan temel fizik deneylerinin bilgisayar simülasyonları ile desteklenmesinin, öğrencilerin temel mekanik konusundaki kavram yanlışlarının giderilmesine anlamlı bir etkisi var mıdır?

Araştırmada problem cümlesine dayanılarak aşağıdaki alt problemler (AP) araştırılmıştır:

AP1: Öğrencilerin temel mekanik konusundaki kavram yanlışları nelerdir?

AP2: Geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin TMKT ön-test ve son-test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?

AP2₁: Geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin TMKT ön-test ve son-test kavram yanlışları puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?

AP2₂: Geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin TMKT ön-test ve son-test başarı puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?

AP3: Bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı deney grubu öğrencilerinin TMKT ön-test ve son-test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?

AP3₁: Bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı deney grubu öğrencilerinin TMKT ön-test ve son-test kavram yanılıgısı puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?

AP3₂: Bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı deney grubu öğrencilerinin TMKT ön-test ve son-test başarı puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?

AP4: Bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı deney grubu ile geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin TMKT son-test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?

AP4₁: Bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı deney grubu ile geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin TMKT son-test kavram yanılıgısı puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?

AP4₁: Bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı deney grubu ile geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin TMKT son-test başarı puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?

Hipotezler

Yukarıda ifade edilen alt problemlerden ilki hariç diğerleri aşağıda verilen sıfır hipotezleri ile test edilmiştir:

Hipotez 1

H₀₁: Geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin TMKT ön-test ve son-test kavram yanılıgısı puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Hipotez 2

H₀₂: Geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin TMKT ön-test ve son-test başarı puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Hipotez 3

H₀₃: Bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı deney grubu öğrencilerinin TMKT ön-test ve son-test kavram yanılgısı puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Hipotez 4

H₀₄: Bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı deney grubu öğrencilerinin TMKT ön-test ve son-test başarı puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Hipotez 5

H₀₅: Bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı deney grubu ile geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin TMKT son-test kavram yanılgısı puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Hipotez 6

H₀₆: Bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı deney grubu ile geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin TMKT son-test başarı puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

1.11. Araştırmanın Önemi

Fen öğretiminde anlamlı öğrenme deneyimleri, bilimsel kavramların özümlemesi ile doğrudan ilişkili olan gündelik deneyimlerin bilinmesini gerektirir (Anderson ve Zacharia, 2003, s.618). İstenilen kavramsal değişimin gerçekleşebilmesi için öğrencilerin dünyaya bakış açılarını test etmeleri ve verilen bilimsel bir ölçüt ışığında gözden geçirmeleri gerekir. Piaget (akt: Anderson ve Zacharia, 2003, s.618) ise kavramsal değişimin beslenmesi için, kendi kavramlarının aksini iddia eden ve bilişsel çelişkiye davet eden tutarsız olaylarla öğrencilerin yüzleştirilmesi gerektiğini vurgular. Bu tutarsız olaylar öğrencinin gözlem ve tahmin

yapmasını gerektirecek bir olgu veya gösteri (havası alınmış bir cam tüp içerisindeki kuş tüyü ve bazı metal parçalarının serbest düşme hareketi) olabilir.

Kavramsal değişimin sağlanması amacıyla bilgisayar simülasyonları öğrencilerin var olan kavramları ile çelişen olguların temsil edilmesinde kullanılabilir (Tao ve Gunstone, 1999, s.861). Bir simülasyon bir sistemin belirli bileşenlerinin bir modelle temsil edildiği bilgisayar programıdır. Simülasyonların tipik kullanımı bir sisteme ilişkin “eğer...ne..” tarzındaki problemlerin çözümünü araştırmayı, başlangıç şartlarının ve parametrelerin değiştirilmesine bağlı olarak sistemdeki değişiklikleri gözlemlemeyi kapsar. Akpan’a (2000, s.2) göre öğretim sürecinde kavramlar simülasyonlarla ilişkilendirilerek verilirse öğrenciler kavramlar ile deneyimler arasında çağrışımlı bir bağlantı kurabilir. Ayrıca, bir olguya ilişkin alternatif kavramlar kişisel deneyimler sonucunda geliştirilmiş ise olgunun öğretimsel bir ortamda yeniden tecrübe edilmesi kavramsal değişimi hızlandırabilir. Bu durum öğretim uygulamalarında laboratuvar deneylerinin yanı sıra bilgisayar simülasyonlarının da kullanılmasına vurgu yapar (akt: Windschitl ve Andre, 1998, s.148). Bilgisayar simülasyonları öğrenciler için serbestçe deneyim kazanma, araştırma, keşfetme, değişkenleri değiştirerek sanal dünyaya hükmetme ve hızlı görselleme özellikleri nedeni ile birçok avantaj sunar (akt: Tao ve Gunstone, 1999, s.861–862; akt: Anderson ve Zacharia, 2003, s.618; Zacharia, 2005, s.1743). Öğrenciler bilgisayar simülasyonlarının temelinde yatan bilimsel kavramları yorumlayabilir, bunları kendi kavramları ile karşılaştırabilir, hipotezleri formüle/test edebilir ve kendi fikirleri ile gözlemleri arasındaki tutarsızlıkları giderebilir. Tüm bu işlemler öğrencilerin kavramlarını yansıtma ve açık hale getirmelerini gerektirir. Bilgisayar simülasyonları benzersiz öğretimsel kapasiteleri nedeniyle kavramsal değişimi desteklemek amacıyla kullanılabilir (Tao ve Gunstone, 1999, s.862; Anderson ve Zacharia, 2003, s.618).

Bilgisayar simülasyonları fizik eğitiminde interaktif alıştırma araçları olarak da önemli bir role sahiptir. İnteraktif alışırtmalar öğrencilerin gerçek yaşamla uyumlu yeni ve değişen bilgilere cevap vermelerine yardımcı olur. Bu tür öğretimsel deneyimler diğerlerine nazaran derin bir öğrenme sağlayabilir. Bilgisayar simülasyonları, birçok beceri gelişiminde olduğu gibi, öğrenme deneyimlerini etkili

kılmak amacıyla düzenleme, yönlendirme ve soruşturma gibi becerilerden ortaya çıkar. Simülasyonların öğrenciler için ulaşılabilir yapılması, simülasyonları fizik eğitiminde güçlü bir alternatif veya destek haline getirir (Nancheva ve Stoyanov, 2005, s.1). Bununla birlikte, günümüzde ticari olarak ulaşılabilen ve fen öğretiminde kullanılan birçok simülasyon (interactive physics, stella, modellus, elektronik-workbench, crocodile-physics, edison, phylets) programı bulunmaktadır.

Bu araştırmada temel mekanik kavramlarıyla ilgili deneylerin simülasyonlarla desteklenmesinin öğrencilerin kavram yanlışlarını gidermeye etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Simülasyon programı olarak Interactive Physics kullanılmış ve bazı grafikler ise Modellus programı ile desteklenmiştir. Interactive-Physics bilgisayar ekranındaki hareket laboratuvarı olarak düşünülebilir ve Newton Mekaniğindeki temel kavramlarla bilgisayar deneyimi sınırlı kullanıcıları kolaylıkla etkileştirebilir.

Araştırmanın diğer bir yönü ise kavram yanlışlarının belirlenmesinde kullanılan üç aşamalı TMKT testidir. Çoktan seçmeli testlerde tüm yanlış cevaplar kavram yanlışlığı olarak kabul edilir. Halbu ki, herhangi bir kavram yanlışlığı yanlış olarak nitelendirilebilir olmasına karşın her yanlış kavram yanlışlığı değildir. Örneğin bilimsel hata gibi bazı yanlışlar bilimsel bilgi eksikliğinden de kaynaklanabilir. İki aşamalı testlerde ise çoktan seçmeli kısımda seçilen seçeneğe ilişkin açıklama da dikkate alınarak yanlışların kavram yanlışlığı olup-olmadığına karar verilir. Fakat iki aşamalı testlerde cevapların ne kadar kararlılıkla verildiğine bakılmaz. Bu bakımdan üç aşamalı testler, öğrencilerin verdikleri cevaplar, cevaplarının açıklamaları ve cevaplarından ne kadar emin olup-olmadıkları açıkça ortaya çıkarılabildiğinden diğer yapıdaki testlere kıyasla daha doğru sonuçlar verebilmektedir. Çünkü üç aşamalı testlerde ancak her bir aşamada kavram yanlışlığı lehine cevap verildiğinde kavram yanlışlığının varlığına kanaat getirilir. Araştırmada elde edilen sonuçlar her bir aşama dikkate alınarak raporlaştırıldığından, araştırma bu konuda tek ya da iki aşamalı testler kullanılarak yapılan çalışmaların bulgularını kontrol etmek amacıyla diğer araştırmacılara ışık tutacaktır.

1.12. Varsayımlar

1. Uygulama sürecinde araştırmacı deney ve kontrol gruplarında taraflı davranmamış ve bir yardımcı laboratuvar sorumlusu ile birlikte iki yaklaşımın uygulanması daha önceden planlanan şekilde yürütülmüştür.

2. Öğrenciler üç aşamalı TMKT'yi samimiyetle cevaplandırmıştır.

3. Yöntemlerin ve testin uygulaması sırasında hiçbir sıkıntı ile karşılaşılmamıştır.

4. Deney ve kontrol grubunu öğrencilerinin farklı şubelerden seçilmesi nedeni ile, uygulama sürecinde gruplar arasında herhangi bir etkileşim olmamıştır.

5. Deney gurubu öğrencilerinin bilgisayar simülasyonlarını bireysel kullanmaları araştırma sonuçlarını etkilememiştir.

1.13. Kapsam ve Sınırlılıklar

1. Bu araştırma 2006–2007 eğitim-öğretim yılında, Gazi Eğitim Fakültesi, İlköğretim Matematik Eğitimi Anabilim Dalı'nın A ve B şubelerinde öğrenim gören toplam 93 ikinci sınıf birinci öğretim öğrencisi ile sınırlıdır.

2. Bu araştırma TMKT'inde yer alan maddelerin kapsadığı kuvvet, konum, hız ve ivme kavramları ile sınırlıdır.

1.14. Tanımlar

Model: Model, hedef olarak adlandırılan bir sistemin özelliklerini temsil eden çeşitli sembol ve nesnelerden oluşan bir sistemdir (Gilbert ve Ireton, 2003, s.1).

Bilgisayar simülasyonu: Belirli bir sistemin davranışını simüle etmeye çalışan bilgisayar programıdır. Başka bir deyişle, çeşitli başlangıç şartlarından-parametrelerden oluşan karmaşık bir sistemin davranışının tahmin edilmesine ilişkin problemlere analitik çözümler bulmaya çalışan ve matematiksel modellere dayandırılarak geliştirilen bir bilgisayar programıdır (Örnek, 2008, s.39).

Kavram yanlışlığı: Genellikle kişisel deneyimlere bağlı olarak geliştirilen zihinsel modellere dayanan, bilimsel olmayan ve bilimsel kavramların öğrenilmesini ya da öğretilmesini engelleyen bilgilerdir.

Kinematik ile ilgili kavram yanlışlıkları: Bu konuyla ilgili yaygın olarak “konum ve hız aynıdır-hız ve ivme aynıdır” kavram yanlışlıklarına rastlanır. Öğrenciler özellikle hızı büyük olanın ivmesinin de büyük olduğuna inanmaktadır (Halloun ve Hestenes, 1985; Hestenes ve diğ., 1992).

Saklı kuvvet (Impetus) ile ilgili kavram yanlışlıkları: Öğrenciler herhangi bir dış etkinin cisme aktardığı bir saklı kuvvet sonucunda cismin hareket ettiğine inanır. Örneğin tenis topuna raketle vurulması olayında, öğrenciler raketin tenis topuna saklı bir kuvvet aktardığını ve bu kuvvetin de topun hareketini muhafaza ettiğini düşünür. Saklı kuvvet Newton’un birinci kanunuyla çelişen kavram yanlışlıklarını kapsar (Halloun ve Hestenes, 1985; Hestenes ve diğ., 1992).

Aktif kuvvet ile ilgili kavram yanlışlıkları: Aktif kuvvet cisimleri harekete geçiren kuvvetleri ima eder. Aktif kuvvetle ilgili “hız uygulanan kuvvetle orantılıdır-hareket yoksa kuvvet yoktur-hareket aktif kuvvete işaret eder” şeklindeki kavram yanlışlıkları Newton’un ikinci kanunuyla çelişir (Halloun ve Hestenes, 1985; Hestenes ve diğ., 1992).

Hareketin diğer etkileri ile ilgili kavram yanlışlıkları: Öğrenciler bir ipe bağlı olarak düzgün dairesel hareket yapan cismin, hareket halinde ipin kopması durumunda, gerçekte olmayan “merkezkaç kuvvetine” bağlı olarak dairesel yörüngenin merkezinden doğrusal bir şekilde yörünge dışına fırlayacağına inanmaktadır (Halloun ve Hestenes, 1985; Hestenes ve diğ., 1992).

Yerçekimi kuvveti ile ilgili kavram yanlışlıkları: Bununla ilgili kavram yanlışlıkları çoğunlukla “ağır cisimler daha hızlı düşer-yerçekimi kuvveti yere yaklaştıkça artar” şeklindedir. Aslında yerçekimi kuvveti gerçekten yere yaklaştıkça artar fakat bu durum deneysel olarak gözlemlenemeyecek kadar çok küçük değerdedir (Halloun ve Hestenes, 1985; Hestenes ve diğ., 1992).

II. BÖLÜM

YÖNTEM

Bu bölümde evren-örneklem, ölçme aracının geliştirilmesi, kullanılan materyaller, uygulamanın işleyişi, örnek uygulama ve de analizlerde kullanılan metotlar açıklanacaktır.

2.1. Evren ve Örneklem

Araştırmanın evrenini, üniversitelerin çeşitli fakültelerinde öğrenim gören ve temel fizik laboratuvar dersini alan öğrenciler oluşturmaktadır. Araştırmanın örneklemi ise Gazi Eğitim Fakültesi, İlköğretim Matematik Eğitimi Anabilim Dalı'nın A-B şubelerinde öğrenim gören ve 2006–2007 eğitim-öğretim yılının ilk yarısında temel fizik laboratuvar dersini alan toplam 93 birinci öğretim öğrencisi oluşturmaktadır. A şubesi kontrol grubu ve B şubesi ise deney grubu olarak rastgele atanmıştır. Araştırmada sadece geleneksel doğrulama yaklaşımının uygulandığı kontrol grubunda 48 öğrenci ve bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı deney grubunda 45 öğrenci bulunmaktadır. Deney ve kontrol gruplarındaki öğrenciler, kendi içlerinde ikiye kişilik deney grupları oluşturacak şekilde, rastgele ikiye ayrılmıştır. Fakat deney grubundaki öğrenciler simülasyonları bireysel olarak kullanmıştır.

2.2. Araştırmanın Modeli

2.2.1. Değişkenler

Araştırmada, tablo 2.1.'de gösterildiği gibi, bağımlı ve bağımsız olarak sınıflandırılabilen iki tane değişken bulunmaktadır. Bağımsız değişkenler ise kodeğişken ve grup üyeliği olmak üzere iki kısma ayrılmıştır.

Tablo 2.1. Değişkenlerin Tanımlanması

İsim	Çeşit	Yapı	Veri
Ön-Test Puanları	Bağımsız	Sürekli	Aralıklı
Son-Test Puanları	Bağımlı	Sürekli	Aralıklı
Öğretim Metodu	Bağımsız	Kategorik	Nominal

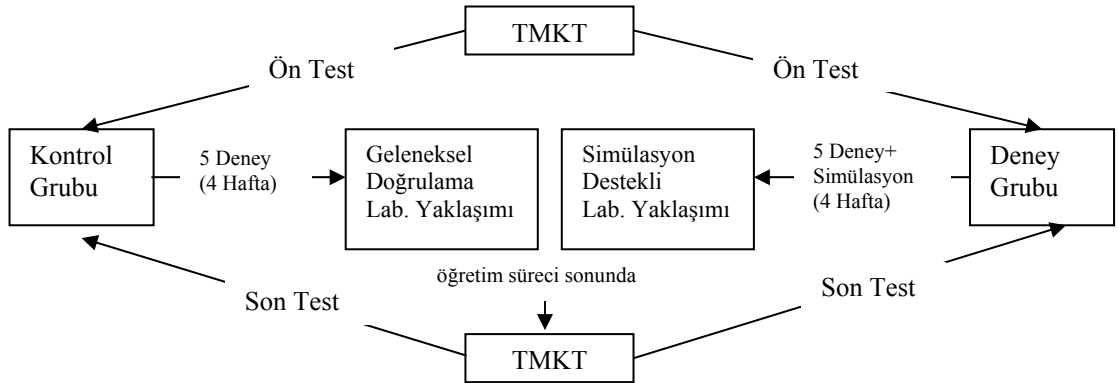
Bağımlı değişkeni öğrencilerin üç aşamalı TMKT (Temel Mekanik Kavram Testi) son-test puanları oluşturmaktadır. Bu puanlar sürekli ve aralıklıdır. Bağımsız değişken iki tane olup, kodeğişken öğrencilerin TMKT ön-test puanlarıdır. Grup üyeliğini ise geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımı ile bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı deney ve kontrol grupları belirlemektedir. TMKT ön-test puanları sürekli ve aralıklı olmasına karşın öğretim metodu kategorik ve nominaldır.

2.2.2 Araştırmanın Deneysel Deseni

Araştırmanın deneysel deseni ön-test son-test kontrol gruplu (eşitlenmemiş kontrol gruplu) yarı deneysel desendir.

Tablo 2.2. Deneysel Desen

Grup	Ön-Test	Uygulama	Son-Test
Deney	TMKT	Simülasyon Destekli Laboratuvar Yaklaşımı	TMKT
Kontrol	TMKT	Geleneksel Doğrulama Laboratuvar Yaklaşımı	TMKT



Şekil 2.1. Araştırmanın Akış Şeması

Araştırmanın akış şeması ise şekil 2.1.’de gösterilmiştir. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin laboratuvar etkinliklerinin daha sağlıklı yürütebilmeleri için her bir grup kendi içerisinde rasgele tekrar iki gruba bölünmüştür. Araştırmanın başlangıcında her iki gruba ön-test olarak uygulanan üç aşamalı TMKT’i araştırmanın sonunda son-test olarak uygulanmıştır. Yaklaşımların uygulanmasına başlanılmadan önce deney ve kontrol gruplarındaki öğrencilerin üç aşamalı TMKT ön-test puanları arasında anlamlı bir fark olup-olmadığı araştırılmış, tablo 3.2’de gösterildiği gibi her iki grubun puanları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

2.2.3. Uygulamada Yer Verilen Kavramlar

Daha önceki kısımlarda da ifade edildiği gibi TMKT daha önce fizik dersi almayanların da cevaplandırabileceği bir yapıya sahip olup, deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin konum, hız, ivme ve kuvvet konularındaki kavram yanılgılarını belirlemeye yönelik bir testtir. Dolayısı ile deney ve kontrol gruplarında uygulanan her iki yaklaşımda bu konulara ait etkinliklere yer verilmiştir. Kontrol grubundaki öğrenciler ilgili konulara ait laboratuvar deneylerini yaparken deney grubundaki öğrenciler ise buna ilaveten deneyleri destekleyen simülasyonları da kullanmıştır. Tablo 2.3’de deney ve kontrol grubunun yaptığı deneylerin amaçları belirtilmiştir.

Tablo 2.3. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Yaptıkları Ortak Deneyler ve Deneylerin Amaçları

No	Deneyin Adı	Deneyin amacı
0.	Hazırlık amaçlı deney: Bir Deneyin Analizi	Daha önceden yapılmış ve verileri mevcut olan bir deneyin tablolarının yorumlanması, tablodaki verilerin kullanılarak gerekli grafiklerin çizilmesi, grafiklerin yorumlanarak ilgili matematiksel ilişkilerin ortaya çıkarılması, tahminlerin yapılması ve genel bir yargıya varılması yönünde öğrencilere ileriki zamanlarda yapacakları deneylerden elde edecekleri verileri nasıl değerlendirecekleri konusunda hazırlamak.
1.	Bir Doğru Boyunca Hareket (konum-hız-ivme)	Bir cismin hareketine ait verilerin telem şeridi yardımıyla toplanarak, bir doğru boyunca hareketi ve buna bağlı olarak konum, hız ve ivme değerlerinin değişimini incelemek.
2.	Sabit Bir Kuvvet Etkisinde Hız Değişimleri (Kütle-İvme İlişkisi)	Sabit bir kuvvet etkisinde hareket eden cismin kütlesi ile hız değişimi (ivme) arasındaki ilişkiyi incelemek.
3.	İvmenin Kuvvet ve Kütleyle Bağlılığı	İvmenin değişen kuvvete ve kütleyle karşı aldığı değerleri incelemek. $F=m.a$ formülünü doğrulamak.
4.	Serbest Düşme Hareketi	Serbest düşme hareketini incelemek ve buna bağlı olarak g yerçekimi ivmesini bulmak.
5.	Düzgün Dairesel Hareket	Düzgün dairesel hareketin incelenerek merkezî kuvveti kavramak.

2.2.4. Araştırmadaki DeneySEL Uygulamanın Kapsamı ve Süreci

Araştırma kapsamında, simülasyon destekli geleneksel doğrulama laboratuvarı yaklaşımına göre öğrenim gören deney grubundaki ve sadece geleneksel doğrulama laboratuvarı yaklaşımına göre öğrenim gören kontrol grubundaki öğrencilerle birinci ve dördüncü haftalarda, haftada sekiz saat, ikici ve üçüncü haftalarda ise onaltı saat olmak üzere toplam dört hafta süren bir uygulama süreci yürütülmüştür. Uygulama süresince öğrencilerin teorik temel fizik derslerine ayrılan ders saatleri de ilgili anabilim dalından ve öğretim elemanlarından alınan izinler doğrultusunda uygulama sürecinde değerlendirilmiştir. Tablo 2.4’de araştırmanın uygulanması sürecine ait zaman çizelgesi gösterilmiştir.

Tablo 2.4. Uygulamaya Ait Zaman Çizelgesi

Hafta	Deney Grubu	Kontrol Grubu
1	TMKT ön-testinin uygulanması Geleneksel doğrulama laboratuvarı ve simülasyon hazırlık çalışması	TMKT ön-testinin uygulanması Geleneksel doğrulama laboratuvarı hazırlık çalışması
2	Bir doğru boyunca hareket ve simülasyon desteği Sabit bir kuvvet etkisinde hız değişimleri ve simülasyon desteği	Bir doğru boyunca hareket Sabit bir kuvvet etkisinde hız değişimleri
3	İvmenin kuvvet ve kütleyle bağılılığı ve simülasyon desteği Serbest düşme hareketi ve simülasyon desteği	İvmenin kuvvet ve kütleyle bağılılığı Serbest düşme hareketi
4	Düzgün dairesel hareket ve simülasyon desteği TMKT son-testinin uygulanması	Düzgün dairesel hareket TMKT son-testinin uygulanması

2.3. Veri Toplama Teknikleri

2.3.1. Ölçme Aracının Hazırlanması

Literatür araştırması sonucunda mekanik konusu ile ilgili FCI-Kuvvet ve Hareket Kavram Testi (Hestenes vd., 1992; revize: Halloun vd., 1995), MDT-Mekanik Tanı Testi (Halloun ve Hestenes, 1985), IBMC-Temel Mekanik Kavram Testi (Halloun, 2005), PI-Akran Öğretimi (Mazur, 2005) ve TEMC-Enerji ve Momentum Kavram Testi (Singh ve Rosengrant, 2003) testlerinde yer alan maddeler ayrıntılı olarak incelenmiştir. TMEC ve PI’de mekanik ile ilgili maddelerin kökleri ve seçenekleri impuls, momentum, ivme, kinetik enerji, momentum ve enerjinin korunumu gibi fiziksel terimler içerdiğinden bunlar araştırma için hazırlanacak TMKT için uygun bulunmamıştır. Çünkü alan eğitimcileri yapılan tartışmalar sonucunda, öğrencilerin bu maddeleri cevaplandırabilmeleri için ifade edilen fiziksel kavramlardan daha önceden haberdar olmaları gerektiğine karar verilmiştir. FCI ve MDT birer tanı testi olmaları ve de fiziksel olguları günlük hayatta kullanılan ifadelerle sorgulamaları nedenleri ile bu testlerde yer alan maddeleri fizik bilgisine sahip olmayanlar da rahat bir şekilde cevaplandırabilmektedir. Bununla birlikte, çoğunluğunu MDT, FCI ve MBT-Temel Mekanik Testi’nden (Hestenes ve Wells,

1992) seçilen maddelerin kullanılması sonucunda geliştirilen IBMC'in ise, daha çok yeni olması nedeni ile literatürde IBMC ilgili yeterli referansa ulaşılmasını sınırlandırmıştır. Ayrıca, daha önce yapılan birçok araştırmada öğrencilerin kavram yanlışlarının teşhisinde özellikle belirli bir kavram yanlışlığı taksonomisine sahip FCI veya bunun bir önceki aşaması olarak kabul edilen MDT'den seçilen maddelerin kullanılması nedenleri ile bu iki test üzerinde yoğunlaşmıştır. Sonuçta temel fizik laboratuvarında yaptırılacak deneylerin amaçları doğrultusunda FCI'dan 20 ve MDT'den 4 madde seçilerek toplam 24 maddeden oluşan üç aşamalı TMKT'i hazırlanmıştır. MDT'den alınan dört madde, madde kökü, kavram yanlışlığı seçenekleri ve benzer durumla aynı kavramları ele alması bakımından FCI'daki ilgili dört madde ile birebir eşleştiği için, bu maddeler fizik eğitimcilerinin görüşleri çerçevesinde FCI taksonomisine sokulmuştur.

FCI'nın 1995 versiyonundan alınan maddeler için Temizkan (2003, s.36) tarafından kullanılmış kavram yanlışlığı taksonomisi esas alınmıştır.

Tablo 2.5. Üç aşamalı TMKT'deki Maddelere Ait Seçeneklerin Temsil Ettiği Kavram Yanlışlıklarını Gösteren Taksonomi

KAVRAM YANILGILARI	FCI-95	MDT
Kinematik		
K1. Konum ve hız aynıdır.	12(B,C,D)	
K2. Hız ve ivme aynıdır.	12(A)+13(B,C)	
Saklı Kuvvet		
S1. Saklı kuvvet bir vuruş ile sağlanır.	19(D)+9(B,C)+ 20(B,D,E)	
S2. İlk (orijinal) saklı kuvvet kaybolur/geri kazanılır.	6(D)+ 7(C,E)+14(A)+16(A,D,E)	
S3. Saklı kuvvet tükenir (değişir).	19(B)+17(C,E)+10(A,B,C)+8(C,E)	22(D)
S4. Kademeli-gecikmeli saklı kuvvet oluşur.	19(E)+18(C,D)+7(D)+8(B,D)+14(D)	22(C,E)
S5. Dairesel saklı kuvvet vardır.	6(A,D)+5(A)	
Aktif Kuvvet		
A1. Hareket, aktif bir kuvvetin olduğunu gösterir.	19(A)+4(A,C,D,E)+11(C,D,E)	22(A)
A2. Hız, uygulanan kuvvetle orantılıdır.	15(A)+18(A,B)	21(A)+23(D)+24(A)
A3. Kuvvet son hızda ivmeye sebep olur.	3(A)+15(D)	21(D)
A4. Aktif kuvvet tükenir.	15(C,E)	21(C,E)
Hareketin Diğer Etkileri		
H1. Merkezkaç kuvvet vardır.	6(C,D,E)+5(C,D,E)+4(E)+11(E)	
Yerçekimi		
Y1. Yerçekimi kütlelin doğal bir özelliğidir.	3(D)+10(E)	
Y2. Ağır cisimler daha hızlı düşer.	1(A,D)+2(B,D)	
Y3. Cisimler düşerken yerçekimi artar.	3(B)+10(B)	
Y4. Hafif cisimler daha hızlı yere düşer.	1(B,E)+2(C,E)	

Tablo 2.5.'deki taksonomide de görüldüğü gibi, ortaya çıkarılması hedeflenen 16 tane kavram yanlışlığı *kinematik(2)*, *saklı kuvvet(5)*, *aktif kuvvet(4)*, *hareketin diğer etkileri(1)* ve *yerçekimi(4)* başlıklarında olmak üzere beş alt boyut altında toplanmıştır. Dikkat edilirse, aynı maddeye ait farklı seçenekler farklı kavram yanlışlıklarının belirlenmesine hizmet edebilmektedir. Örneğin 12. maddenin B, C ve D seçenekleri “*konum ve hız aynıdır*” kavram yanlışlığına işaret ederken aynı maddenin A seçeneği ise “*hız ve ivme aynıdır*” kavram yanlışlığına işaret etmektedir. Ayrıca vurgulamak gerekir ki, her yanlış cevap bir kavram yanlışlığı olarak düşünülmediğinden, bazı maddelerin yanlış olan seçenekleri belirli bir kavram yanlışlığı içermediğinden taksonomi dışında bırakılmıştır.

Üç aşamalı TMKT 166 öğrenci üzerinde uygulanarak ölçme aracı üzerinde istatistiksel analizler yapılmıştır. Test maddelerine ait istatistikler ilerleyen kısımlarda verilmiştir.

2.3.2. Üç Aşamalı TMKT'nin Yapısı

Öğrencilerin temel mekanik konusunda sahip oldukları kavram yanlışlıklarını daha iyi teşhis edebilmek için TMKT'deki her bir madde üç aşamalı olarak hazırlanmıştır. Aşağıda üç aşamalı TMKT'den alınan örnek bir test maddesini herhangi bir öğrencinin nasıl cevaplandığı şekil 2.2.'de gösterilmiştir.

Tek katlı bir binanın çatısından yere bırakılan bir taş.

1. bırakıldıktan kısa bir süre sonra en yüksek hızına ulaşır ve sonra bu sabit hızla düşmeye devam eder.
2. düştükçe hızlanır, çünkü taş dünyaya yaklaştıkça yerçekimi kuvveti belirgin bir şekilde artar.
3. hızlanır, çünkü neredeyse sabit olan yerçekimi kuvvetinin etkisindedir.
4. bütün cisimlerde var olan, dünya yüzeyinde durma doğal eğilimi nedeniyle düşer.
5. yerçekimi ve havanın taşı aşağıya doğru iten kuvvetlerinin birleşik etkisi nedeniyle düşer.

(2.) Çünkü: *tek katlı bir binanın çatısından yere bırakılan bir taş, serbest düşme hareketi yapar. yerçekimi etkisi altında ve yere yaklaştıkça yerçekimi kuvveti belirgin bir şekilde artar.*

Bu soruya verdığınız cevaptan emin misiniz? ☒ Eminim ☐ Emin değilim

Şekil 2.2. Bir Öğrencinin Birinci Test Maddesine Verdiği Cevap

Öğrenci serbest düşmeye bırakılan bir cisme etki eden kuvvetle ilgili olarak birinci aşamada, kendisine sunulan seçeneklerden doğru olduğuna inandığı seçeneği “*parantez*” içerisindeki alana (2) şeklinde işaretlemiş ikinci aşamada “*çünkü*” ile başlayan alana ise bunun nedenini yazılı olarak açıklamıştır. Öğrenci test maddesine ilk iki aşamada verdiği cevapları göz önünde bulundurarak üçüncü aşamada bu maddeye verdiği cevaptan genel olarak emin olup-olmadığını belirtmiştir.

Araştırmanın amacı öğrencilere ayrıntılı bir şekilde izah edilerek, mümkün olduğunca üç aşamalı TMKT’deki tüm maddelere ve aşamalara cevap vermeleri için öğrenciler yönlendirilmiştir.

2.3.3. Üç Aşamalı TMKT’nin Cevaplama Süresi

Öğrencilere temel fizik laboratuvarında TMKT’yi birbirleri ile hiçbir etkileşime girmeyecek şekilde bir cevaplama ortamı hazırlanmıştır. 24 maddeden oluşan üç aşamalı TMKT’nin amacı öğrencilerde var olabilecek kavram yanlışlarını ortaya çıkarmak olduğundan, testi cevaplamaları için öğrenciler süre açısından sınırlandırılmamıştır. Yapılan gözlemlerde üç aşamalı TMKT’nin ortalama 1 saat 15 dakikada cevaplandırıldığı belirlenmiştir. Bazı öğrenciler ise yaklaşık 2 saat süre zarfında testi tamamlayabilmiştir.

2.3.4. Üç Aşamalı TMKT’inden Verilerin Toplanması

Üç aşamalı TMKT’nin amacı öğrencilerin temel mekanik konularındaki kavram yanlışlarını belirlemektir. Bu amaçla, öğrencilerin TMKT’ye verdikleri cevaplar aşamaları ile birlikte madde madde incelenmiştir. Yani tüm öğrencilere ait birinci maddelerinin incelenmesi tamamlandıktan sonra ikinci maddeye geçilmiştir. Her bir maddenin tüm aşamaları kavram yanlışları dikkate alınarak puanlandırılmış ve bu puanlar kavram yanlışları puanları olarak isimlendirilmiştir. Daha sonra öğrencilerin verdikleri doğru cevaplar dikkate alınarak tüm maddeler aynı şekilde tekrar incelenerek öncekinden farklı olarak yeniden puanlandırılmış ve bu puanlar ise başarı puanları olarak isimlendirilmiştir.

TMKT'nin kavram yanlışlığı ve başarı olarak iki farklı şekilde puanlandırılması sonucunda elde edilen veriler gerekli istatistiksel işlemlerin yapılabilmesi amacı ile bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Neticede öğrencilerin TMKT'den aldıkları kavram yanlışlığı ve başarı puanları her bir aşama için ayrı ayrı belirlenmiştir. Araştırmanın odağı, öğrencilerin kavram yanlışlıkları olmasına karşın başarı puanlarının belirlenmesinin nedeni, kavram yanlışlığı puanlarına göre yapılan istatistiksel işlemlerden elde edilen sonuçların (güvenirlilik, geçerlik vb.) karşılaştırılması için literatürde belirli bir kriterin olmayışıdır. Çünkü kavram yanlışlığı puanları belirlenirken sadece kavram yanlışlığı seçenekleri ve bunları destekleyen açıklamalar dikkate alınmıştır. Aşağıda kavram yanlışlığı ve başarı puanlarının nasıl belirlendiği ifade edilmiştir.

2.3.5. Öğrencilerin Başarı Puanlarının Belirlenmesi

Üç aşamalı TMKT'de öğrencilerin başarı puanlarının aşama aşama nasıl belirlendiğini daha önce şekil 2.2.'de verilen örnek madde üzerinde açıklanmıştır. Başarı puanlarının hesaplanmasında anlamlı olan doğru cevaplardır.

Başarı-1 Puanları:

Başarı-1 (B1) puanları, öğrencilerin test maddelerinin sadece birinci aşamasına verdiği cevaplar dikkate alınarak hesaplanmıştır. Eğer öğrenci herhangi bir maddenin birinci aşamasına doğru cevap vermiş ise 1 yanlış cevap vermiş ise 0 olarak kodlanmıştır. Serbest düşmeye bırakılan bir cisme etki eden kuvvetle ilgili olan şekil 2.2.'deki maddenin birinci aşamasına ait doğru cevap üçüncü seçenektir. Şekil 2.2.'deki örnekte öğrenci ikinci seçeneği seçerek bu maddeden 0 puan almıştır. Bu şekilde öğrencinin TMKT'deki tüm maddelerin birinci aşamasına verdiği doğru cevaplar dikkate alınarak B1 puanı hesaplanmıştır.

Başarı-2 Puanları:

Başarı-2 (B2) puanları, öğrencilerin test maddelerinin birinci ve ikinci aşamalarına verdiği cevaplar birlikte dikkate alınarak hesaplanmıştır. Eğer öğrenci herhangi bir maddenin ikinci aşamasında doğru açıklama yapmış ise 1 yanlış açıklama yapmış ise 0 olarak kodlanmış ve öğrencinin bu maddeden aldığı B2 puanı

hesaplanırken birinci ve ikinci aşamadan aldığı puanlar bir başka ifadeyle B1 ile ikinci aşamadan aldığı puanlar çarpılmıştır. Puanların çarpılmasının nedeni seçilen seçenek ile bununla ilgili yapılan açıklamanın birbiri ile doğrudan ilişkili olmasıdır. Şekil 2.2.'deki örnek madde ile ilgili olarak öğrencinin B1 puanı sıfırdı. İkinci aşamada seçeneği seçme gerekçesine ait açıklama da yanlış olduğundan ikinci aşamadan da sıfır puan almıştır. Sonuç olarak öğrencinin B2 puanı, B1 puanı (0) ile ikinci aşamadan aldığı puan (1) çarpımı yani sıfırdır.

Başarı-3 Puanları:

Başarı-3 (B3) puanları öğrencilerin test maddelerinin birinci, ikinci ve üçüncü aşamalarına verdiği cevapların tamamı dikkate alınarak hesaplanmıştır. Eğer öğrenci herhangi bir maddenin üçüncü aşamasında emin olduğunu belirtmiş ise 1 emin olmadığını belirtmiş ise 0 olarak kodlanmış ve öğrencinin bu maddeden aldığı B3 puanı hesaplanırken birinci, ikinci ve üçüncü aşamadan aldığı puanlar çarpılmıştır. Bir başka deyişle B2 ile üçüncü aşamadan aldığı puan çarpılmıştır. Bu sayede öğrencilerin test maddelerine verdikleri cevaplardan emin olup-olmadıkları da göz önüne alınmıştır. Şekil 2.2.'deki örnek madde için öğrencinin B2 puanı sıfırdı. Öğrenci verdiği cevaptan emin olduğunu belirterek üçüncü aşamadan 1 puan almıştır. Dolayısıyla, öğrencinin bu maddeye ait B3 puanı, B2 puanı (0) ile üçüncü aşamadan aldığı puanın (1) çarpımına yani yine sıfıra eşittir.

2.3.6. Öğrencilerin Kavram Yanılgısı Puanlarının Belirlenmesi

Üç aşamalı TMKT'de yer alan maddelerin birinci aşamalarına ait seçeneklerinin en az biri tablo 2.5.'de gösterilen taksonomide yer alan kavram yanılgısına işaret etmektedir. Başarı puanlarından farklı olarak, kavram yanılgısı puanlarının hesaplanmasında anlamlı olan test maddelerinin birinci aşamalarındaki kavram yanılgısı seçenekleri ve de bu yanılgıları destekleyen açıklamalardır. Kavram yanılgısı puanlarının aşama aşama nasıl belirlendiğini yine şekil 2.2.'deki aynı örnek madde üzerinde açıklanmıştır.

Kavram Yanılgısı -1 Puanları:

Kavram yanılgısı-1 (KY1) puanları, öğrencilerin test maddelerinin sadece birinci aşamasına verdiği cevaplar ve kavram yanılgılarını temsil eden seçenekler dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Eğer öğrenci tablo 2.5.’deki taksonomiye göre, herhangi bir maddenin birinci aşamasında kavram yanılgısı seçeneğini işaretlemiş ise 1 diğer durumlarda ise 0 olarak kodlanmıştır. Şekil 2.2.’deki örnekte öğrenci ikinci seçeneği seçerek taksonomide Y3 olarak kodlanan “*cisimler düşerken yerçekimi artar*” kavram yanılgısına sahip olduğunu göstermiştir. Tablo 2.5.’deki taksonomide de görüldüğü gibi 3. maddenin B seçeneği (3B) bu kavram yanılgısına işaret etmektedir. Bu şekilde öğrencinin TMKT’deki tüm maddelerin birinci aşamasına verdiği cevaplar incelenerek puanlama yapılmıştır.

KY1 puanı hesaplanırken ise, Y3 olarak kodlanan “*cisimler düşerken yerçekimi artar*” kavram yanılgısını temsil eden maddelerden alınan toplam puanlar dikkate alınmıştır. Yani taksonomide Y3 kavram yanılgısını 3B ve 10B temsil etmektedir. Eğer öğrenci her iki maddede de bu kavram yanılgısına düşmüş ise her bir maddeden 1 puan olmak üzere toplamda 2 puan almıştır. İşte bu toplam puan öğrencinin 3B ve 10B ile temsil edilen Y3’e ait KY1 puanıdır.

Kavram Yanılgısı-2 Puanları:

Kavram yanılgısı-2 (KY2) puanları, öğrencilerin test maddelerinin birinci, ikinci aşamalarına verdiği cevaplar ve kavram yanılgılarını temsil eden seçenekler birlikte dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Eğer öğrenci herhangi bir maddenin ikinci aşamasında daha önce birinci aşamada düştüğü kavram yanılgısını destekleyecek bir açıklama yapmış ise 1 diğer durumlarda ise 0 olarak kodlanmıştır. Öğrencinin bu maddeden aldığı puan hesaplanırken birinci ve ikinci aşamadan aldığı puanlar çarpılmıştır. Puanların çarpılmasının nedeni daha önce de vurgulandığı gibi seçilen seçenek ile bununla ilgili yapılan açıklamanın birbiri ile doğrudan ilişkili olmasıdır. Şekil 2.2.’deki örnek maddeyi cevaplandıran öğrenci birinci aşamada kavram yanılgısı seçeneğini (3B) işaretlediğinden 1 puan almıştı. İkinci aşamada kavram yanılgısını destekleyen

açıklama yaptığından ikinci aşamadan da 1 puan almıştır. Sonuç olarak öğrencinin şekil 2.2.’deki maddeye ait ilk iki aşama puanı her iki puanın çarpımı yani 1’dir. Bu şekilde öğrencinin TMKT’deki tüm maddelerin birinci ve ikinci aşamalarına verdiği cevaplar incelenerek puanlama yapılmıştır. KY2 puanı ise ilk iki aşamadan alınan puanlar göz önünde bulundurularak KY1’deki yöntemle hesaplanmıştır.

Kavram Yanılgısı-3 Puanları:

Kavram yanılgısı-3 (KY3) puanları öğrencilerin test maddelerinin birinci, ikinci, üçüncü aşamalarına verdiği cevapların tamamı ve kavram yanılgılarını temsil eden seçenekler dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Eğer öğrenci herhangi bir maddenin üçüncü aşamasında emin olduğunu belirtmiş ise 1 emin olmadığını belirtmiş ise 0 olarak kodlanmış ve öğrencinin bu maddeden aldığı puan hesaplanırken birinci, ikinci ve üçüncü aşamadan aldığı puanlar çarpılmıştır. Bu sayede öğrencilerin düştükleri kavram yanılgılarından emin olup-olmadıkları da göz önüne alınmıştır. Şekil 2.2.’deki örnek madde için öğrencinin ilk iki aşamaya ait kavram yanılgısı puanı 1’dir. Öğrenci verdiği cevaptan emin olduğunu belirterek üçüncü aşamadan 1 puan almıştır. Dolayısıyla, öğrencinin şekil 2.2.’deki maddeye ait puanı, ilk iki aşamadan aldığı puan (1) ile üçüncü aşamadan aldığı puanın (1) çarpımına yani yine 1’e eşittir. Bu şekilde öğrencinin TMKT’deki tüm maddelerin birinci, ikinci ve üçüncü aşamalarına verdiği cevaplar incelenerek puanlama yapılmıştır. KY3 puanı ise ilk üç aşamadan alınan puanlar göz önünde bulundurularak KY1’deki yöntemle hesaplanmıştır.

Vurgulamak gerekir ki, KY1 puanları birinci aşamadaki kavram yanılgısı seçenekleri kullanılarak hesaplanmıştır. Bu nedenle bir öğrencinin birinci aşamada kavram yanılgısı seçeneğini seçmesi, seçeneğin temsil ettiği kavram yanılgısına kesinlikle sahip olduğuna sonucuna tek başına ulaştıramaz. Bu durumda kavram yanılgılarını destekleyen açıklamaların puanlandırılması ile elde edilen KY2 puanları devreye girer. Yani öğrencinin ikinci aşamada seçtiği kavram yanılgısını destekleyen açıklamalarda bulunması, ilgili kavram yanılgısına sahip olma olasılığını önemli derecede arttırmış olur. Kavram yanılgısının var olup-olmadığına ise, öğrencinin ilk iki aşamadaki verdiği cevapları göz önünde bulundurarak kararlılık seviyesini

belirtmesi sonucunda karar verilir. Bu nedenle araştırmada KY3 puanları kavram yanılgısının tespitinde belirleyici ölçüt olarak kullanılmıştır. Üç aşamalı olarak geliştirilen testlerin amacına uygun olarak ancak üç aşamadaki veriler birlikte değerlendirildiğinde kavram yanılgısının varlığı hakkında bir sonuca ulaşılabilir.

Yukarıda izah edilen durum başarı puanları için de geçerli olup, herhangi bir test maddesinin ilk aşamasına doğru seçenek işaretlenmiş (B1), ikinci aşamasında doğru seçeneği destekleyen doğru açıklama yapılmış (B2) ve üçüncü aşamada ilk iki aşamadaki cevaplar dikkate alınarak eminim (B3) seçeneği seçilmiş ise ancak bu durumda ilgili test maddesinin edinilen bilimsel bilgi birikimi ile cevaplandırıldığı söylenebilir.

2.3.7. Üç Aşamalı TMKT'nin Ön Uygulama Sonuçları

2.3.7.1. Başarı Puanlarının Değerlendirilmesi

a) Testin Geçerliği

Kapsam geçerliği: TMKT maddeleri daha önceden birçok fizikçi, fizik eğitimcisi ve uzman tarafından incelenmiş ve kullanılmış olan FCI (20) ve MDT'den (4) seçilen maddelerden oluşturulduğu için test kapsam geçerliğine sahip olduğunu söyleyebiliriz.

Görünüş geçerliği: 24 maddeden oluşan TMKT'yi görünüş açısından fizik eğitimcilerine incelenmiş ve görünüş geçerliğine sahip olduğuna kanaat getirilmiştir.

Yapı geçerliği: TMKT'nin yapı geçerliği için ise ölçüt grupları kullanılmıştır. Bu amaçla test, testte yer alan konuları almış (39) ve almamış (39) iki farklı gruptaki uygulanmıştır. Gruplar arasında bağımsız gruplar t-testi yapılarak yapı geçerliği için bir sonuca ulaşılabilir.

Öğrenci gruplarından biri temel fizik dersini almış (AL) diğeri ise almamış (ALM) İlköğretim Matematik Öğretmenliği öğrencileri oluşturmaktadır. Yani gruplar ilişkisizdir.

Grupların B1 puanlarına ilişkin betimsel istatistik sonuçları tablo 2.6.'da verilmiştir. Fraenkel ve Wallen'e (akt: Topçu, 2005, s.78) göre değişkenlerin normal dağılım gösterdiğine, çarpıklık ve basıklık değerlerinin $-2 > < +2$ aralığında olmasına göre karar verilebilir. Her iki grupta normal dağılıma ait çarpıklık (0,50-0,50) ve basıklık (-1,04-1,28) değerleri $-2 > < +2$ aralığında olup, B1 puanları normal dağılım göstermektedir.

Tablo 2.6. AL ve ALM Gruplarının B1 Puanlarına İlişkin Betimsel İstatistik Sonuçları

İstatistikler	B1(ALM)	B1(AL)
N	39	39
Ortalama	9,53	12,58
Ortanca	8,00	13,00
Std. Sap.	4,89	5,13
Çarpıklık	0,50	-0,50
Basıklık	-1,04	-1,28
Minimum	3,00	4,00
Maksimum	19,00	21,00

Her iki grubun B1 puanları kullanılarak yapı geçerliği bağımsız gruplar t-testi ile araştırılarak ve sonuçlar tablo 2.7'de gösterilmiştir.

Tablo 2.7. ALM ve AL Öğrencilerinin B1 Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları

Grup	N	X	S	SD	t	p
ALM	39	9,53	4,89	76,00	2,68	0,009
AL	39	12,58	5,13			

ALM ve AL gruplarına ait B1 puanları tablo 2.7.'deki sonuçlara göre AL lehine anlamlı bir farklılık göstermiştir [$p < 0,05$]. AL grubunun ortalaması 12,58 ve ALM'ninki ise 9,53 olup AL grubu daha başarılı olmuştur. Bu sonuçlar aynı zamanda testin yapı geçerliğine sahip olduğunun da bir göstergesidir.

Ölçüt-Bağımlı Geçerlik: Bu amaçla ön uygulama sırasında öğrencilerin 41'i verilen testin yanı sıra FMCE (Thorton ve Sokoloff, 1998) testini de almıştır. Bu uygulamadaki amaç var olan test ile aynı amaçlı farklı testten öğrencilerin aldıkları başarı puanlarının karşılaştırılmasıdır. Her iki testin de odak noktası temel mekanik kavramları olup aynı konularla ilgili maddelere yer vermeleridir.

Öğrencilerin FMCE ve TMKT'den aldıkları başarı puanları arasında yeterince yüksek bir korelasyon var ise test ölçüt-bağımlılık geçerliğine sahiptir denir. İki değişkene ilişkin veriler arasındaki Pearson Korelasyonunu araştırabilmek için, her iki değişkenlere ait verilerin birlikte normal dağılım göstermesi gereklidir. TMKT-FMCE puanlarının oluşturduğu ikiliye ilişkin betimsel istatistik sonuçları tablo 2.8.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.8. TMKT-FMCE İkilisine İlişkin Betimsel İstatistik Sonuçları

İstatistikler	TMKT-FMCE
N	82
Ortalama	12,45
Ortanca	12,00
Std. Sap.	4,79
Çarpıklık	0,72
Basıklık	0,96

Tablo 2.8.'de görüldüğü gibi, normal dağılıma ait çarpıklık (0,72) ve basıklık (0,96) değerleri $-2 > < +2$ aralığında olup, her iki grubun başarı puanları birlikte normal dağılıma sahiptir.

Tablo 2.9. TMKT ile FMCE Başarı Puanları Arasındaki Korelasyon

	Pearson Korelasyon	FMCE
TMKT	r	0,401*
	p	0,009
	N	41

* Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 2.9.'a göre TMKT ve FMCE testlerini alan grubun puanları arasındaki Pearson Korelasyonu pozitif ve anlamlı çıkmıştır [$p<0,05$]. Yani TMKT ölçüt-bağımlı geçerliğine sahiptir.

b) Aşamalara Göre TMKT'nin Başarı Kesirlerinin Değişimi

TMKT'i maddelerinin doğru cevaplanma kesirleri tablo 2.10.'da gösterildiği gibi aşamalar arttıkça azalmış yani başarı düşmüştür. Bu sonuç öğrencilerin ikinci aşamada doğru cevabı destekleyen açıklamalar yapamamaları ve üçüncü aşamada ise cevaplarından emin olamamaları ile ilgilidir. Daha sonra verilen tablo 2.13'deki sonuçlara göre de aşamalar arttıkça ortalama P güçlük indeksleri de düşmüş yani test zorlaşmıştır.

Tablo 2.10. TMKT Maddelerinin Doğru Cevaplanma Kesirlerinin Aşamalara Göre Dağılımı

TMKT AŞAMALAR							
Madde	B1	B2	B3	Madde	B1	B2	B3
M-1	0,38	0,33	0,22	M-13	0,55	0,41	0,34
M-2	0,43	0,36	0,26	M-14	0,29	0,13	0,09
M-3	0,60	0,48	0,39	M-15	0,47	0,39	0,29
M-4	0,24	0,19	0,10	M-16	0,23	0,18	0,13
M-5	0,39	0,12	0,12	M-17	0,69	0,42	0,29
M-6	0,47	0,24	0,11	M-18	0,36	0,34	0,24
M-7	0,50	0,24	0,19	M-19	0,62	0,54	0,48
M-8	0,63	0,48	0,35	M-20	0,13	0,09	0,08
M-9	0,27	0,22	0,16	M-21	0,62	0,53	0,43
M-10	0,22	0,17	0,15	M-22	0,65	0,62	0,51
M-11	0,24	0,18	0,14	M-23	0,44	0,33	0,21
M-12	0,62	0,59	0,48	M-24	0,51	0,36	0,27

c) TMKT'nin Aşamalarına Göre Başarı Puanları Arasındaki İlişki

Üç aşamalı TMKT'ni alan bir öğrencinin her bir madde için, birinci aşamadaki (B1) seçtiği seçeneği dikkate alarak ikinci aşama olan açıklama aşamasında (A) seçeneğini destekleyen açıklamayı yapması ve son olarak seçeneğini ile açıklamasını birlikte değerlendirerek (B2), üçüncü aşamada kararlılık seviyesini (KS) belirtmesi beklenir. Öyleyse teorik olarak öncelikle B1 ile A puanları arasında ve B2 ile KS puanları arasında pozitif anlamlı bir ilişki olmalıdır. Bu ilişkiyi ortaya

çıkarmak amacıyla aşamalar arasındaki Pearson Korelasyonu araştırılmıştır. B1-A ve B2-KS puanlarının oluşturduğu ikiliye ilişkin betimsel istatistik sonuçları tablo 2.11.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.11. B1-A B2-KS Puanlarının Oluşturduğu İkiliye İlişkin Betimsel İstatistik Sonuçları

İstatistikler	B1-A	B2-KS
N	332	332
Ortalama	10,12	13,41
Ortanca	10,00	14,00
Std. Sap.	4,33	6,78
Çarpıklık	0,58	-0,07
Basıklık	-0,14	-1,25
Minimum	1,00	0,00
Maksimum	23,00	24,00

Tablo 2.11.'e göre normal dağılıma ilişkin çarpıklık (0,58-0,07) ve basıklık (-0,14-1,25) değerleri $-2 > < +2$ aralığında olup, B1-A ve B2-KS puanlarının oluşturduğu ikililer normal dağılım göstermektedir. B1-A ve B2-KS puanları arasındaki Pearson Korelasyonuna ilişkin sonuçlar tablo 2.12.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.12. B1-A ve B2-KS Puanları Arasındaki Korelasyon

		Pearson Korelasyon	TMKT	
			A	KS
TMKT	B1	r	0,805*	
		p	0,000	
		N	166	
	B2	r		0,132
		p		0,091
		N		166

*Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 2.12.'deki sonuçlara göre, B1 ve A puanları arasında yüksek seviyede, pozitif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir [$p < 0,05$]. Buna karşın B2 ile KS puanları arasında pozitif bir korelasyon olduğu fakat bunun anlamlı olmadığı görülmektedir [$p > 0,05$]. Yani öğrenciler doğru cevabı destekleyen doğru açıklamalarda bulunmuştur.

B2 ile KS puanları arasındaki korelasyonun anlamlı olmaması ise doğru cevap veren öğrencilerin de test maddelerine verdikleri cevaplardan emin olmadıklarına işaret etmektedir. Bu sonuç ilk iki aşamada doğru cevabı verenlerin bilgi eksikliğine sahip oldukları şeklinde yorumlanabilir.

d) Güvenirlik Analizi

Güvenirlik, öğrencilerin tüm test maddelerine verdikleri cevaplar arasındaki iç tutarlılığın bir göstergesidir. Güvenirlik analizi aynı zamanda, test maddelerinin toplam korelasyonu ile ilişkisini göstererek, testin güvenilirliğini düşüren sorunlu maddelerin de tespit edilmesine fırsat verir. Madde-Toplam Korelasyonu (MTK) ayırt edicilik indeksinin bir ölçüsüdür. Herhangi bir madde-toplam korelasyon değeri, ilgili maddenin teste yaptığı katkıyı gösterir. Testin iç tutarlılığının bir göstergesi de, testin toplam puanlarına göre oluşturulan alt-üst %27'lik gruplar arasında madde ortalama puan farklarının t-testi kullanılarak karşılaştırılmasıdır. Bir testle ilgili bilinmesi gereken özelliklerden birisi de güçlük derecesinin ne olduğudur. Alt grup-üst grup tekniğine göre hesaplanabilen güçlük indekslerinin (P) ortalaması alınarak testin ortalama güçlüğü hesaplanabilir.

24 maddelik üç aşamalı TMKT'nin güvenilirliğini belirlemek amacıyla KR-katsayıları madde toplam korelasyonları da dikkate alınarak hesaplanmış ve madde analizi için ise test maddelerinin ortalama puanları bağımlı gruplar t-testi ile karşılaştırılarak maddelerin ayırt edici olup-olmadıkları araştırılmıştır. Sonuçlar tablo 2.13 ve tablo 2.14.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.13.'de görüldüğü gibi, MTK değerleri her üç aşamada da pozitif olup tüm maddelerin teste katkısı vardır. TMKT'nin aşamaları arttıkça MTK değerleri azalmıştır. Azalma aynı zamanda KR-katsayısının düşmesi ile de kendini göstermiştir. KR-katsayısı birinci aşamada ($KR_1=0,77$) iyi sayılabilecek bir değere sahip iken, ikinci ve üçüncü aşamalarda MTK değerlerindeki azalmaya bağlı olarak KR-katsayısı düşmüştür ($KR_2=0,72$ - $KR_3=0,61$).

Tablo 2.13. Başarı Puanları Kullanılarak Hesaplanan KR-Katsayıları, MTK ve P Değerleri

Başarı Puan.	B1		B2		B3	
(KR-20)	KR ₁ = 0,77		KR ₂ = 0,72		KR ₃ = 0,61	
Madde	MTK	P	MTK	P	MTK	P
M-1	0,50	0,45	0,35	0,39	0,29	0,25
M-2	0,27	0,53	0,25	0,39	0,20	0,33
M-3	0,33	0,65	0,30	0,51	0,14	0,35
M-4	0,29	0,30	0,26	0,23	0,16	0,08
M-5	0,29	0,48	0,26	0,13	0,18	0,11
M-6	0,37	0,50	0,27	0,33	0,16	0,13
M-7	0,24	0,55	0,21	0,31	0,13	0,19
M-8	0,38	0,61	0,22	0,45	0,21	0,34
M-9	0,37	0,38	0,33	0,31	0,20	0,20
M-10	0,40	0,29	0,33	0,19	0,19	0,14
M-11	0,22	0,25	0,19	0,20	0,13	0,16
M-12	0,24	0,60	0,22	0,55	0,10	0,40
M-13	0,22	0,58	0,20	0,43	0,13	0,41
M-14	0,24	0,35	0,12	0,15	0,10	0,11
M-15	0,40	0,55	0,37	0,43	0,34	0,28
M-16	0,38	0,30	0,35	0,21	0,27	0,18
M-17	0,29	0,68	0,19	0,45	0,14	0,24
M-18	0,44	0,41	0,37	0,39	0,34	0,26
M-19	0,27	0,58	0,24	0,49	0,19	0,44
M-20	0,36	0,23	0,32	0,15	0,18	0,08
M-21	0,30	0,53	0,23	0,39	0,29	0,38
M-22	0,28	0,58	0,29	0,48	0,28	0,45
M-23	0,24	0,41	0,23	0,39	0,16	0,25
M-24	0,23	0,49	0,18	0,35	0,14	0,29
P _{ort}	P _{1ort} = 0,46		P _{2ort} = 0,34		P _{3ort} = 0,25	

TMKT'nin maddelerinin ortalama güçlük indeksleri (P), tablo 2.13.'de görüldüğü gibi aşamalar arttıkça azalmıştır. Bunun bir sonucu olarak ortalama P değerleri de ($P_{1ort}=0,46$ - $P_{2ort}=0,34$ - $P_{3ort}=0,25$) azalmıştır. Yani birinci aşamaya göre ortalama güçlükte olan TMKT'i, üçüncü aşamada zorlaşmış görünmektedir. Aslında bu sonuç şaşırtıcı değildir. Çünkü üst grupta doğru cevap veren öğrencilerin cevaplarından emin olamamalarının bir sonucu olarak, üçüncü aşamada üst gruptaki öğrencilerin doğru cevap sayısında azalma olmuştur. Yani doğru cevap sayısı üst ve alt grupta birbirine yaklaşmıştır. Zaten MKT değerlerinin giderek azalması da alt ve üst gruptaki doğru cevap sayı farkının azalması ile doğrudan ilişkilidir.

Tablo 2.14. Alt ve Üst Grupların Madde Ortalama Başarı Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları

Mad.	GRUP	N	B1				B2				B3			
			X	sd	t	p	X	sd	t	p	X	sd	t	p
M-1	ÜST ALT	40 40	0,83 0,08	78	10,10	0,000	0,68 0,10	78	6,46	0,000	0,48 0,03	78	5,37	0,000
M-2	ÜST ALT	40 40	0,78 0,28	78	5,11	0,000	0,63 0,15	78	4,93	0,000	0,53 0,13	78	4,17	0,000
M-3	ÜST ALT	40 40	0,93 0,38	78	6,23	0,000	0,80 0,23	78	6,21	0,000	0,55 0,15	78	4,08	0,000
M-4	ÜST ALT	40 40	0,53 0,08	78	4,98	0,000	0,40 0,05	78	4,08	0,000	0,15 0,00	78	2,62	0,010
M-5	ÜST ALT	40 40	0,70 0,25	78	4,46	0,000	0,25 0,00	78	3,61	0,001	0,3 0,00	78	4,09	0,000
M-6	ÜST ALT	40 40	0,80 0,20	78	6,62	0,000	0,55 0,10	78	4,84	0,000	0,23 0,03	78	2,80	0,006
M-7	ÜST ALT	40 40	0,73 0,38	78	3,32	0,001	0,50 0,13	78	3,91	0,000	0,33 0,05	78	3,32	0,001
M-8	ÜST ALT	40 40	0,93 0,30	78	7,38	0,000	0,68 0,23	78	4,48	0,000	0,58 0,10	78	5,13	0,000
M-9	ÜST ALT	40 40	0,63 0,13	78	5,33	0,000	0,55 0,08	78	5,27	0,000	0,35 0,05	78	3,57	0,001
M-10	ÜST ALT	40 40	0,53 0,05	78	5,44	0,000	0,38 0,00	78	4,84	0,000	0,28 0,00	78	3,85	0,000
M-11	ÜST ALT	40 40	0,40 0,10	78	3,26	0,002	0,30 0,10	78	2,28	0,025	0,28 0,05	78	2,83	0,006
M-12	ÜST ALT	40 40	0,85 0,35	78	5,24	0,000	0,80 0,30	78	5,13	0,000	0,58 0,23	78	3,38	0,001
M-13	ÜST ALT	40 40	0,80 0,35	78	4,51	0,000	0,63 0,23	78	3,91	0,000	0,60 0,23	78	3,64	0,000
M-14	ÜST ALT	40 40	0,58 0,13	78	4,72	0,000	0,25 0,05	78	2,58	0,012	0,20 0,03	78	2,55	0,013
M-15	ÜST ALT	40 40	0,88 0,23	78	7,62	0,000	0,75 0,10	78	7,71	0,000	0,50 0,05	78	5,15	0,000
M-16	ÜST ALT	40 40	0,55 0,05	78	5,75	0,000	0,43 0,00	78	5,37	0,000	0,33 0,03	78	3,79	0,000
M-17	ÜST ALT	40 40	0,93 0,43	78	5,57	0,000	0,65 0,25	78	3,88	0,000	0,35 0,13	78	2,42	0,018
M-18	ÜST ALT	40 40	0,75 0,08	78	8,32	0,000	0,73 0,13	78	6,74	0,000	0,50 0,03	78	5,66	0,000
M-19	ÜST ALT	40 40	0,83 0,33	78	5,18	0,000	0,75 0,23	78	5,45	0,000	0,70 0,18	78	5,51	0,000
M-20	ÜST ALT	40 40	0,38 0,08	78	3,40	0,001	0,30 0,00	78	4,09	0,000	0,15 0,00	78	2,62	0,010
M-21	ÜST ALT	40 40	0,83 0,23	78	6,64	0,000	0,65 0,13	78	5,65	0,00	0,65 0,10	78	6,10	0,000
M-22	ÜST ALT	40 40	0,83 0,33	78	5,18	0,000	0,78 0,18	78	6,64	0,00	0,70 0,20	78	5,13	0,000
M-23	ÜST ALT	40 40	0,63 0,20	78	4,22	0,000	0,55 0,23	78	3,12	0,000	0,45 0,05	78	4,60	0,000
M-24	ÜST ALT	40 40	0,68 0,30	78	3,57	0,001	0,53 0,18	78	3,48	0,000	0,48 0,10	78	4,02	0,000

Başarı puanları dikkate alındığında, tablo 2.14.'e göre, alt ve üst grupların testin her bir maddesine ilişkin ortalama puanları arasında anlamlı bir fark olduğu görülmüştür [$p<0,05$]. Yani B1, B2 ve B3 puanlarına göre test maddelerinin ayırt edici olduğunu söyleyebiliriz.

Vurgulamak gerekir ki, üç aşamalı olarak geliştirilen testlerin ikinci ve üçüncü aşamalarından elde edilen istatistikler için belirli bir karşılaştırma ölçütü yoktur. Bu nedenle bu karşılaştırmalar daha çok ilk aşamadan elde edilen B1 puanları dikkate alınarak yapılmalıdır.

Sonuç olarak, ilk aşamadaki B1 puanlarına göre testin güvenilirlik katsayısı 0,77'dir. Bununla birlikte B1 puanlarından elde edilen MKT değerlerinin iyi değerlere sahip olduğu, P değerinin ortalama güçlükte olduğu, alt ve üst grupların madde ortalama puanları için t-testi sonuçlarının da anlamlı bir fark gösterdiği tablo 2.13 ve tablo 2.14'den anlaşılmaktadır.

2.3.7.2. Kavram Yanılgısı Puanlarının Değerlendirilmesi

Bu kısımda, daha önce tanımlanan şekilde elde edilen kavram yanılgısı puanlarıyla istatistiksel işlemler yapılmıştır. Kavram yanılgısı puanları elde edilirken kavram yanılgıları puanlandırıldığından bu puanlara göre yapılacak istatistiklerin (güvenirlik, geçerlik) karşılaştırılması bakımından literatürde bir ölçüt olmayıp, sadece testin yapısı hakkında bazı genel fikir sağlar.

a) Aşamalara Göre TMKT'nin Kavram Yanılgısı Kesirlerinin Değişimi

Tablo 2.15.'de görüldüğü gibi kavram yanılgısı puanlarının kesirleri genellikle aşamalar arttıkça azalmıştır. İkinci aşamada öğrencilerin yaptıkları açıklamalara bağlı olarak KY2 kesirleri KY1'e göre düşüktür. Çünkü her yanlış açıklama kavram yanılgısı açıklaması olarak kabul edilmemiştir. KY3 kesirlerinin KY2'ye göre düşük olması ise bazı öğrencilerin kavramlardan emin olmadıkları için verdikleri cevaplarda ısrarcı olmadıklarına yani kavram yanılgısına sahip olmadıklarına işaret etmektedir.

Tablo 2.15. Kavram Yanılgısı Kesirlerinin Aşamalara Göre Dağılımı

KAVRAM YANILGISI		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		K1	K2	S1	S2	S3	S4	S5	A1	A2	A3	A4	H1	Y1	Y2	Y3	Y4
TMKT AŞAMALAR	KY1	0,27	0,19	0,50	0,28	0,28	0,12	0,45	0,44	0,31	0,19	0,16	0,19	0,14	0,33	0,14	0,13
	KY2	0,25	0,18	0,49	0,27	0,25	0,11	0,45	0,42	0,30	0,18	0,11	0,19	0,09	0,33	0,12	0,10
	KY3	0,24	0,14	0,42	0,18	0,21	0,08	0,28	0,31	0,21	0,13	0,08	0,13	0,08	0,23	0,11	0,06

b) Kavram Yanılgısı Taksonomisinde Yer Alan Alt Boyutlara İlişkin Faktör Analizi

Tablo 2.5.'de verilen TMKT'ye ilişkin kavram yanılgısı taksonomisindeki beş alt boyutun (kinematik, saklı kuvvet, aktif kuvvet, hareketin diğer etkileri ve yerçekimi) her biri faktör olarak dikkate alınmış ve TMKT'nin faktör analizi kavram yanılgısı puanları kullanılarak yapılmıştır.

Tablo 2.16. KMO and Bartlett Testi Sonuçları

KMO Örneklem Yeterliği Ölçütü		0,595
Bartlett Testi	Yaklaşık Ki-Kare	250,106
	sd	120
	p	0,000

Tablo 2.16.'da görüldüğü gibi KMO testi sonucunda elde edilen $0,595 > 0,50$ olup Bartlett testi de anlamlı çıkmıştır. Bu durumda faktör analizi yapılabilir (Kalaycı, 2006, s.326). Tablo 2.17.'deki ortak varyans tablosunda değişkenlerin diğer değişkenlerle paylaştığı varyans miktarları gösterilmiştir. En düşük ortak varyansa A3 en yüksek ortak varyansa Y4 sahiptir. Toplam varyansın ise 0,618'lik kesri açıklanmaktadır.

Tablo 2.17. Ortak Varyans Tablosu

	İlk	Açıklanan
K1	1,000	0,649
K2	1,000	0,683
S1	1,000	0,552
S2	1,000	0,610
S3	1,000	0,716
S4	1,000	0,670
S5	1,000	0,506
A1	1,000	0,636
A2	1,000	0,637
A3	1,000	0,368
A4	1,000	0,514
H1	1,000	0,753
Y1	1,000	0,557
Y2	1,000	0,622
Y3	1,000	0,593
Y4	1,000	0,828
		Ort.=0,618

Tablo 2.18.'de ise döndürülmüş faktör matrisi sonucunda her bir değişkenin faktörler altındaki ağırlıkları verilmiştir. Aynı zamanda tablo 2.18.'de değişkenlerin öz değeri birden büyük olan yedi faktör altında toplandığı görülmektedir. Ortaya çıkan bu yedi faktör tablo 2.5.'de verilen beş faktörle uyumlu çıkmamıştır. Saklı kuvvetle ilgili olanların çoğu (S1, S2, S4 ve S5) aynı faktör altında toplanmıştır. Bununla birlikte, aktif kuvvetle ilgili olan A3'de aynı faktörde yer almıştır. Diğer değişkenler de dikkate alındığında TMKT'ye ilişkin literatüre bağlı olarak belirlenen faktörlerin, faktör analizi sonuçları ile desteklenemediği anlaşılmıştır.

Tablo 2.18. Döndürülmüş Faktör Matrisi

	Faktörler						
	1	2	3	4	5	6	7
S2	0,695	-0,019	0,116	-0,017	0,075	-0,322	-0,057
S5	0,680	-0,024	-0,169	0,073	-0,039	0,086	-0,014
S1	0,616	0,065	0,265	0,198	0,102	0,179	0,127
A3	0,422	-0,038	-0,135	-0,048	0,063	-0,387	0,117
A4	-0,062	0,700	-0,007	0,013	-0,103	0,095	0,023
Y2	-0,012	0,575	0,103	0,008	0,021	-0,508	-0,147
H1	-0,101	-0,119	0,826	-0,056	-0,115	-0,158	-0,076
A1	0,113	0,186	0,709	0,131	0,073	0,149	0,204
K2	-0,011	-0,063	-0,002	0,806	0,162	0,000	-0,049
Y3	0,260	0,116	0,126	0,596	-0,370	-0,026	-0,057
A2	0,362	0,028	-0,035	0,095	0,695	-0,052	0,100
S4	0,362	0,342	0,027	-0,043	-0,633	0,006	0,134
K1	0,195	0,389	0,070	-0,261	0,469	0,350	-0,210
Y1	-0,020	0,026	-0,026	-0,036	0,027	0,744	0,007
Y4	0,010	-0,084	0,100	-0,124	-0,056	0,041	0,889
S3	0,189	0,438	-0,035	0,427	0,126	-0,164	0,512

c) Kavram yanılgısı puanlarına göre yapı geçerliği

Daha önce B1 puanları dikkate alınarak temel fizik dersi almış (AL) diğeri ise almamış (ALM) İlköğretim Matematik Öğretmenliği öğrencileri arasındaki başarı ilişkisine bakılmıştı. Burada ise yine aynı grupların KY1 puanları dikkate alınarak gruplar aralarındaki fark araştırılmıştır. Grupların KY1 puanlarına ilişkin betimsel istatistik sonuçları tablo 2.19.'da verilmiştir. Her iki grupta normal dağılıma ait çarpıklık (-0,21-0,11) ve basıklık (-0,95-1,16) değerleri $-2 > < +2$ aralığında olup, KY1 puanları normal dağılım göstermektedir.

Tablo 2.19. AL ve ALM Gruplarının KY1'e İlişkin Betimsel İstatistik Sonuçları

İstatistikler	KY1(ALM)	KY1(AL)
N	39	39
Ortalama	11,94	7,56
Ortanca	12,00	8,00
Std. Sap.	4,06	4,30
Çarpıklık	-0,21	0,11
Basıklık	-0,95	-1,16
Minimum	4,00	1,00
Maksimum	18,00	16,00

AL ve ALM gruplarının KY1 puanları bağımsız gruplar t-testi kullanılarak analiz edilmiş ve sonuçlar tablo 2.20.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.20. ALM ve AL Öğrencilerinin KY1 Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları

Grup	N	X	S	SD	t	p
ALM	39	11,94	4,06	76,00	4,62	0,000
AL	39	7,56	4,30			

Tablo 2.20.'deki sonuçlara göre ALM ve AL gruplarına ait KY1 puanları arasında anlamlı AL lehine bir fark bulunmuştur [$p < 0,05$]. AL grubunun ortalaması 7,56 ve ALM'ninki ise 11,94 olup, AL grubu daha az kavram yanılgısına sahiptir. Bu sonuçlara göz önüne alınarak kavram yanılgısı bakımından testin yapı geçerliğine sahip olduğu söylenebilir.

d) Kavram Yanılgısı Puanlarına Göre TMKT'nin Güvenirlik Analizi

Kavram yanılgısı puanlarına göre bir testin madde analizi için belirli bir yöntem mevcut değildir. Ayrıca TMKT'nin herhangi bir maddesinin bir veya daha fazla kavram yanılgısını belirleyebilme özelliği testin kavram yanılgılarına göre analizini daha da güçleştirmektedir. Bunların yanı sıra kavram yanılgılarının belirlenmesine yönelik test maddelerinin güçlüğünden bahsetmek anlamlı değildir. Tablo 2.21'de TMKT'den elde edilen kavram yanılgısı puanları kullanılarak hesaplanan Alfa (α) güvenirlilik katsayısı ve kavram yanılgısı-toplam korelasyonları (KYTK) verilmiştir.

Tablo 2.21. Kavram Yanılgısı Puanları Kullanılarak Hesaplanan KR-Katsayıları ve KYTK Değerleri

Kavram Yanılgısı Puanlar		KY1	KY2	KY3
(Alfa)		$\alpha_1 = 0,62$	$\alpha_2 = 0,55$	$\alpha_3 = 0,43$
No	KY	KYTK	KYTK	KYTK
1	K1	0,378	0,254	0,242
2	K2	0,383	0,330	0,211
3	S1	0,251	0,234	0,156
4	S2	0,347	0,272	0,192
5	S3	0,324	0,278	0,139
6	S4	0,152	0,130	0,109
7	S5	0,194	0,163	0,111
8	A1	0,265	0,203	0,096
9	A2	0,176	0,149	-0,009
10	A3	0,250	0,236	0,097
11	A4	0,342	0,247	0,224
12	H1	0,158	0,112	-0,084
13	Y1	0,306	0,202	0,183
14	Y2	0,215	0,118	0,052
15	Y3	0,262	0,178	0,126
16	Y4	0,405	0,270	0,212

Tablo 2.21.'in biraz daha açıklanmasına ihtiyaç vardır. Örneğin K2 kavram yanılgısı TMKT'de iki madde ile ölçülmektedir. Yani K2 kapsamında iki madde bulunur. K2'nin birinci aşama KYTK değeri yaklaşık 0,38'dir. Bu değer şu şekilde yorumlanır; K2 kavram yanılgısının ortaya çıkarılmasında kullanılan K2'ye ait iki madde, K2 kavram yanılgısının ortaya çıkarılması yönünde ayırt edicidir. Üçüncü aşamadaki KYTK değerlerinin çoğu diğerlerine göre oldukça düşük ve bazıları negatif değerlerde çıkmıştır. Fakat daha önce de belirttiğimiz gibi kavram yanılgıları puanlarından elde edilen verilerin analizi ile ilgili ölçüt yoktur.

e) TMKT'nin Aşamalarına Göre Kavram Yanılgısı Puanları Arasındaki İlişki

Bu kısımda, daha önce başarı puanları ile yapıldığı gibi, KY1 ile A puanları arasında ve KY2 ile KS puanları arasında pozitif anlamlı bir ilişki olup-olmadığı araştırılmıştır. KY1-A ve KY2-KS puanlarının oluşturduğu ikiliye ilişkin betimsel istatistik sonuçları tablo 2.22.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.22. KY1-A ve KY2-KS Puanlarının Oluşturduğu İkiliye İlişkin Betimsel İstatistik Sonuçları

İstatistikler	KY-A	KY2-KS
N	332	332
Ortalama	13,52	15,31
Ortanca	14,00	16,00
Std. Sap.	4,27	5,60
Çarpıklık	-0,53	-0,44
Basıklık	-0,10	-0,39
Minimum	2,00	0,00
Maksimum	23,00	24,00

Tablo 2.22. incelendiğinde normal dağılıma ait çarpıklık (-0,53-0,44) ve basıklık (-0,10-0,39) değerleri $-2 > < +2$ aralığında olup, KY1-A ve KY2-KS puanlarının oluşturduğu ikililer normal dağılım göstermektedir. KY1-A ve KY2-KS puanları arasındaki Pearson Korelasyonuna ilişkin sonuçlar tablo 2.23.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.23. KY1-A ve KY2-KS Puanları Arasındaki Korelasyon

		Pearson Korelasyon	TMKT	
			A	KS
TMKT	KY1	r	0,846*	
		p	0,000	
		N	166	
	KY2	r		-0,176
		p		0,230
		N		166

*Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır

Tablo 2.23.'deki sonuçlara göre, KY1-A puanları arasında yüksek seviyede, pozitif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir [$p < 0,05$]. Yani öğrenciler kavram yanlışlarını destekleyen açıklamalar yapmıştır. Buna karşın KY2 ile KS puanları arasında negatif bir korelasyon olduğu fakat bunun anlamlı olmadığı belirlenmiştir [$p > 0,05$]. Bu sonuca göre öğrencilerin verdikleri cevaplarda ısrarcı olmamasının bir sonucu olarak kavram yanlışısına sahip olmadıkları anlaşılmaktadır. Kavram yanlışısı puanları dikkate alındığında ise, öğrencilerin üçüncü aşamanın bir sonucu olarak verdikleri cevaplarda ısrarcı olmamaları araştırmanın asıl amacının kavram yanlışısı olması nedeni ile önemlidir.

2.4. Verilerin Analizi

2.4.1. T-Testi ve Kovaryans (Ancova) Analizi

Araştırma kapsamında deney ve kontrol gruplarında uygulanan öğretim yaklaşımlarının kendi içlerindeki etkilerini belirlemek amacıyla bağımlı gruplar t-testi, birbirleri ile karşılaştırmak amacıyla ise Ancova ve bağımsız gruplar t-testi analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları 0,05 anlamlılık düzeyinde değerlendirilmiştir.

2.4.2. Yanlış Pozitif (Yanlış Sebepli Doğru Cevaplar) ve Yanlış Negatif (Doğru Sebepli Yanlış Cevaplar) Analizi

Başarı puanları öncelikle sadece üçüncü aşamada eminim/emim değilim seçeneklerini işaretleyen öğrencilerin kararlılık seviyeleri göz önünde bulundurularak gruplandırılmıştır. Daha sonra her bir grup içerisinde birinci-ikinci aşama puanları kullanılarak yanlış pozitif ve yanlış negatif cevaplar incelenmiştir. Ortaya çıkan durumlar, bu konudaki ilgili çalışmalar da incelenerek, tablo 2.24’de verilen kritere göre değerlendirilmiştir (bkz. Hestenes ve Wells, 1992; Hestenes vd., 1992; Türker, 2005; Peşman, 2005; Kutluay, 2005; Hasan, 1999).

Tablo 2.24. Başarı Puanlarına Göre Yanlış Pozitif ve Yanlış Negatif Cevapların Kararlılık Seviyelerine Göre Tanımlanması

(a)				(b)			
EMİNİM				EMİN DEĞİLİM			
2. Aşama				2. Aşama			
1. Aşama	doğru		yanlış	1. Aşama	doğru		yanlış
	doğru	bilimsel bilgi			doğru	bilgi eksikliği	
	yanlış	yanlış negatif	bilimsel olmayan bilgi		yanlış	bilgi eksikliği	bilgi eksikliği

Test maddesinin sadece üçüncü aşamasına göre eminim seçeneğinin işaretlenmesine bağlı olarak oluşturulan tablo 2.24 (a)’ya göre birinci ve ikinci aşamada doğru cevap verilmesi bilimsel bilginin var olduğu sonucuna ulaştırır. Eğer

her iki aşamada yanlış cevap verilmiş ise bu durumda bilimsel olmayan bilginin varlığı söz konusudur. Bilimsel olmayan bilginin ne kadarlık kısmını kavram yanlışlarının oluşturduğu ise ancak kavram yanlışları puanları kullanılarak belirlenebilir. Bununla birlikte birinci aşamada doğru ikinci aşamada ise yanlış cevap verilmesi yanlış pozitif (yanlış sebepli doğru) cevaplar tam tersi durum ise yanlış negatif (doğru sebepli yanlış) cevaplar olarak tanımlanır (bkz. Hestenes ve Wells, 1992; Hestenes vd., 1992; Türker, 2005; Peşman, 2005; Kutluay, 2005).

Test maddesinin sadece üçüncü aşamasına göre emin değilim seçeneğinin işaretlenmesine bağlı olarak oluşturulan tablo 2.24 (b)'ye göre ise birinci ve ikinci aşamada verilen cevapların tümü, doğruluğuna yanlışlığına bakılmaksızın, bilgi eksikliği olarak değerlendirilir. Çünkü bu grupta, belirtildiği üzere, üçüncü aşamada “emin değilim” seçeneğini işaretleyenler dikkate alınmıştır (Hasan, 1999, s.296).

2.5. Interactive Physics Programı ile Simülasyonların Hazırlanması

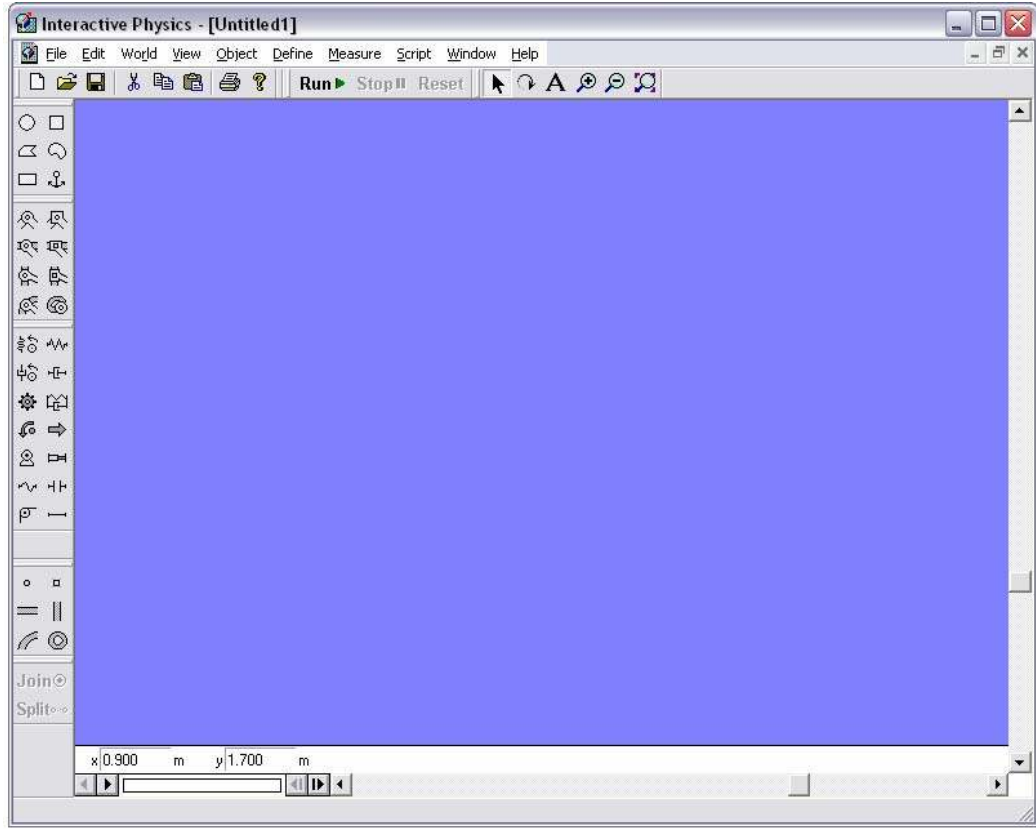
Laboratuvarda yapılan deneyleri desteklemek amacıyla hazırlanan simülasyonların geliştirilmesinde Interactive Physics programı kullanılmıştır. Hazırlanan simülasyonlar ve aşamaları tablo 2.25’de gösterilmiştir. Ayrıca bazı grafikler Modellus programı ile desteklenmiştir. Araştırma öncesinde, bilgilerin doğruluğu-kullanım kolaylığı-tasarım açısından simülasyonlar iki fizikçiye incelenmiş ve bire bir alınan görüşleri doğrultusunda gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Bununla birlikte yine araştırma öncesinde, simülasyonları öğrencilerin kullanacağı düşünüldüğünde, kullanım kolaylığı-tasarım açısından öğrencilerin fikirlerine başvurmak amacıyla beş fizik son sınıf öğrencisine simülasyonlar kullandırılmış ve alınan dönütler değerlendirilmiştir.

Tablo 2.25. Interactive Physics Programı Kullanılarak Hazırlanan Simülasyonlar ve Aşamaları

No	Simülasyonun Adı	Simülasyonun Aşamaları
1.	Bir Doğru Boyunca Hareket (konum-hız-ivme)	Değişen bir kuvvet etkisinde cismin; • konumundaki değişim • hızındaki değişim • ivmesindeki değişim • konum-hız ve ivmesindeki değişim
2.	Sabit Bir Kuvvet Etkisinde Hız Değişimleri (Kütle-İvme İlişkisi)	Sabit bir kuvvet etkisinde cismin; • konumundaki değişim • hızındaki değişim • ivmesindeki değişim • konum-hız ve ivmesindeki değişim Sabit kuvvetin ortadan kalkması durumunda cismin konum-hız ve ivmesindeki değişim
3.	İvmenin Kuvvet ve Kütleyle Bağlılığı	Değişik kuvvetler etkisindeki cismin hız ve ivmesindeki değişim Kütle ile ivme arasındaki ilişki
4.	Serbest Düşme Hareketi	Serbest düşme hareketine maruz kalan bir cismin • kütlelerinin konuma etkisi • kütlelerinin hıza etkisi Yerçekimi ivmesinin serbest düşme hareketine etkisi Hava direncinin serbest düşme hareketine etkisi Yüksekliğin serbest düşme hareketine etkisi Serbest düşme hareketinde enerjideki değişimler
5.	Düzgün Dairesel Hareket	Dönme hızının merkezci kuvvete etkisi Kütlenin merkezci kuvvete etkisi Yörünge yarıçapının merkezci kuvvete etkisi

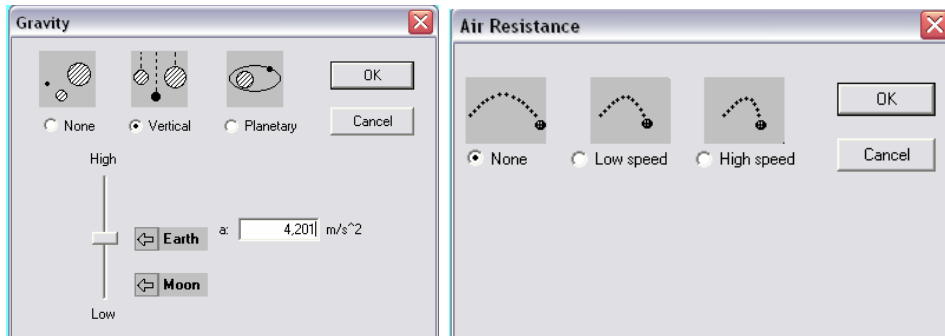
2.6. Interactive Physics Fiziksel Dünyası

Interactive Physics programı bilgisayar ortamındaki kuvvet ve hareket sanal laboratuvarı olarak düşünülebilir. Newton mekaniğindeki temel kavramlara ilişkin simülasyonların hazırlanmasına yardımcı olarak sıradan bir kullanıcıyı bu kavramlarla etkileştirir. Interactive Physics programı ile bilgisayar ekranında nesneler çizilerek simülasyonlar yaratılabilir ve bunlar çok güzel animasyonlarla gerçek hayatla ilişkilendirilebilir. Interactive Physics programı ile hayal gücü sınırları içerisinde Newton mekaniği ile ilgili olarak istenildiği kadar simülasyon hazırlanabilir.



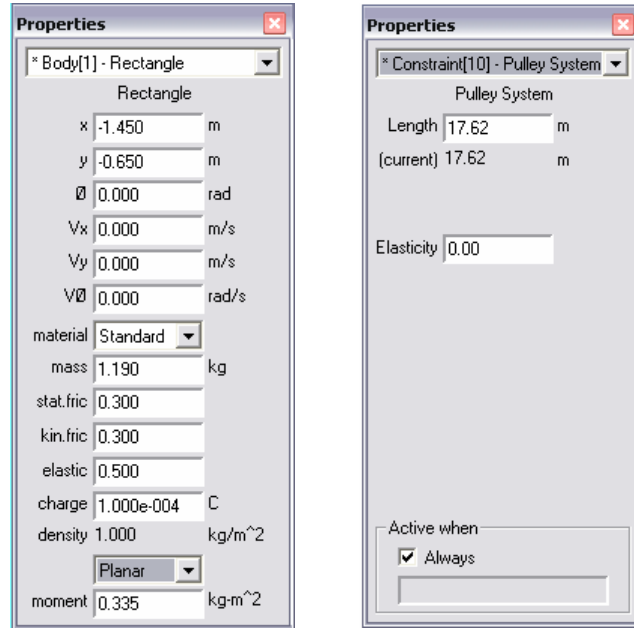
Şekil 2.3. Interactive Physics Fiziksel Dünyası

Interactive-Physics programında farklı çizim programlarında hazırlanmış ve boyanmış nesneler veya resimler de kullanılabilir. Programın kendi içerisinde Newton mekaniğindeki kavramlara ilişkin yay, ip, metre, yörünge, makara gibi hazır çizimler yer aldığı gibi birçok çeşit nesnenin çizilmesine yardım eden butonlar da mevcuttur.



Şekil 2.4. Interactive Physics Programında Yerçekimi ve Hava Direncinin Değiştirilmesi

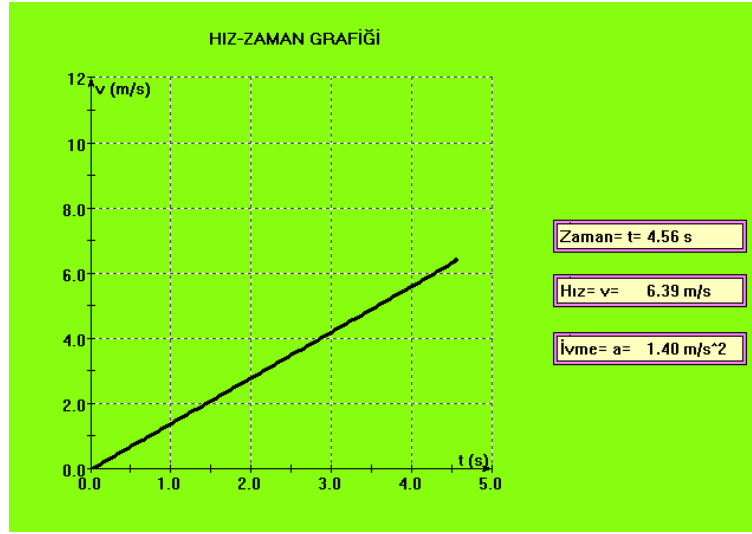
Interactive Physics programı ileri derecede programlama bilgisi gerektirmez. Simülasyonlar, kullanılacak nesnelerin nasıl bir çalışma ortamına yerleştirildiği ile tanımlanır. Örneğin şekil 2.4.'de görüldüğü gibi hava direnci ve yerçekimi değiştirilebilir veya ortadan kaldırabilir.



Şekil 2.5. Interactive Physics Programında Bir Nesneye Ait Fiziksel Niceliklerin ve Ortamın Özelliklerinin Belirlenmesi

Şekil 2.5.'de gösterildiği gibi nesnelerin konum, hız, kütle, sürtünme katsayısı, yoğunluğu ve esneklik gibi birçok özelliği değiştirilebilir. Bir nesneye ait fiziksel özelliklerin hemen hemen tamamı kontrol altında tutulabilir.

Konum, hız, ivme, çizgisel momentum, açısal momentum, kinetik enerji, potansiyel enerji, kuvvet ve sürtünme kuvveti gibi birçok fiziksel nicelik simülasyonun çalışması esnasında ölçülebilir. Aynı zamanda bu fiziksel niceliklere ilişkin ölçümler Şekil 2.6.'da gösterildiği gibi ekranda sayısal, grafiksel ve vektörel olarak görüntülenebilir.



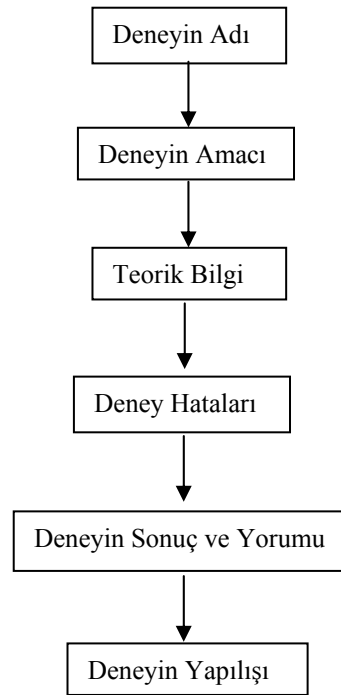
Şekil 2.6. Interactive-Physics Programında Fiziksel Niceliklerin Sayısal ve Grafiksel Olarak Görüntülenmesi

Hazırlanan simülasyonlar kullanıcı moduna getirilerek simülasyonları kullanacakların ekrandaki nesnelere ve fiziksel değişkenlere müdahale etmeleri engellenebilir. Bu sayede kullanıcılar ekrandaki komutları kullanarak değişkenleri değiştirebilir, nesnelerin hareketini, harekete bağlı sayısal verileri ve grafikleri sadece gözlemleyebilir fakat herhangi bir değişiklikte bulunamazlar.

Sonuç olarak Inretactive-Physics programı mekanik kavramları ile ilgili simülasyonların hazırlanmasında ihtiyaçları büyük oranda karşılayabilmektedir.

2.7. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilere Deney Raporlarının Tanıtılması ve Laboratuvarın İşlenişi

Deney ve kontrol gruplarındaki öğrencilere dağıtılan deney raporları doğrulayıcı laboratuvar yaklaşımına göre hazırlanmış ve yıllardır üniversitelerin temel fizik laboratuvarlarında deney raporu olarak kullanılan raporlardır. Bu deney raporlarının genel aşamaları Şekil 2.7.'de verilmiştir. Şekil 2.8.'de ise örnek olması açısından ikinci deneye ait örnek bir deney raporunun aşamaları ve geleneksel doğrulama laboratuvarında bu deneyin nasıl yapıldığı ile ilgili açıklamalar verilmiştir.



Şekil 2.7. Deney ve Kontrol Grubu Laboratuvar Raporlarının Akış Şeması

Deney raporunun giriş kısmında deneyin adı, amacı, deneyde kullanılan araç-gereçler ve deneyde hangi fiziksel kanuna ait sonuçların ortaya çıkarılacağına ilişkin teorik bilgi yer almaktadır.

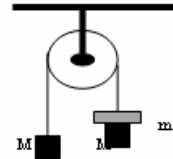
Deney yapılmaya başlanmadan önce öğrencilere deneyin amacına götürmeye yönelik sorular sorularak, deneyle ilgili fiziksel kavramlar öğrencilerle birlikte tartışılır ve yorumlanır. Hangi sonuçlara ulaşacakları ifade edilir. Ayrıca öğrencilerin deneyle ilgili daha önce karşılaşmadıkları araç-gereçler varsa, bunların nasıl kullanılacağı ve işlevleri anlatılır.

Eğer öğrencilerin deneyle ilgili soruları varsa cevaplandırılır ve sonra deneyin yapılışına geçilir.

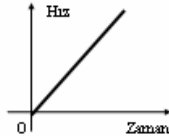
DENEY NO : 2
DENEYİN ADI : SABİT BİR KUVVET ETKİSİNDE HIZ DEĞİŞİMLERİ
DENEYİN AMACI : Hareket halindeki veya durgun haldeki bir cisme uygulanan sabit kuvvet ile hız değişimi (ivme) arasındaki ilişkiyi incelemek.

KULLANILAN ARAÇ VE GEREÇLER:
 Araba, delikli ağırlıklar, ağırlık tutucu, telem şeridi, güç kaynağı, cetvel

GEREKLİ TEORİK BİLGİ:
 Duran bir cismi hareket ettirmek ya da hareket halindeki bir cismin hızını değiştirmek için ona bir kuvvet uygulamak gerekir. Bir cisme bir dış kuvvet etki etmedikçe, cisim durgun ise durgun kalır, hareketli ise sabit hızla doğrusal hareketine devam eder. Başka bir deyişle bir cisim herhangi bir kuvvetin etkisinde değilse ivmesi sıfırdır.
 Eğer, bir cisme bir kuvvet uygularsak cisim bir ivme kazanır. Bu ivme, cisme etki eden bileşke kuvvetle doğru orantılı, cismin kütlesi ile ters orantılıdır. Newton'un II. Kanunu ($\vec{F} = m\vec{a}$) ile ifade edilir. Buradan ($\vec{a} = \vec{F}/m$) 'dır. Yani; aynı sabit kuvveti farklı kütlelerdeki cisimlere uygularsak ivmenin değerini her defasında farklı ölçeriz. Kütle büyüdükçe ivme azalır.



Şekildeki sistemi serbest bırakınca sistemi hareket ettiren kuvvet (m) kütlelerin ağırlığıdır. Bu kuvvetin etkisinde sistemin yaptığı hareket incelenirse, hızın şekildeki grafikteki gibi zamanla doğru orantılı olduğu görülür.



Grafikteki doğrunun eğimi sabit olduğundan bu hareket, sabit ivmeli bir harekettir. O halde dengelenmemiş sabit bir kuvvetin (net kuvvetin) etkisi altındaki bir cisim sabit ivmeli bir hareket yapar.

Şekil 2.8. Deney ve Kontrol Gruplarının Kullandığı Örnek Bir Deney Raporu ve Aşamaları

Deneyin yapılışı aşamasında, raporda resmi yer alan deney düzeneğinin araç-gereçler kullanılarak nasıl kurulacağına ilişkin yönlendirmeler yer alır. Eğer öğrenciler deney düzeneğini kuramaz ise, deney düzeneği laboratuvar sorumluları tarafından kurularak öğrencilere gösterilmektedir.

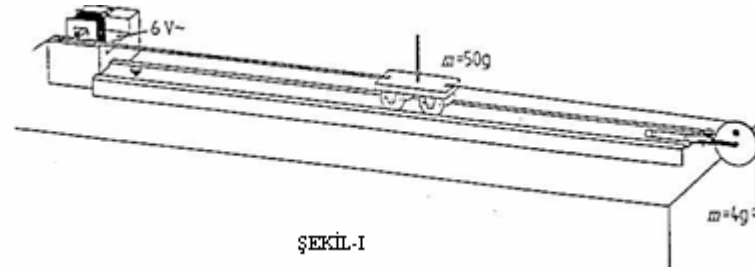
Deneyin yapılışına geçmeden, verilerin nasıl elde edileceği, bağımlı-bağımsız ve kontrol edilen değişkenlerin neler olduğu bir tartışma ortamı yaratılarak sonuca bağlanır. Laboratuvar sorumlusunun yardımı ile deney düzeneği kurulduktan sonra, öğrenciler deneyi yaparak verileri kendilerine hazır olarak verilmiş tablolara yerleştirir.

DENEYİN YAPILIŞI :

Şekil I' deki düzeneği kurun. Zaman kaydediciye güç kaynağı ile (AC) gerilim uygulayın. Daha sonra telem şeridini zaman kaydediciden geçirip, bir ucunu arabanın arkasına bağlayın. Şekil I' de görüldüğü gibi arabaya bağladığınız ipi, rayın kenarına tutturulmuş makaradan geçirerek diğer ucuna ağırlık asın. Bu ağırlık hareket ettirici kuvvetiniz olacaktır.

Bu deneyde sabit bir kuvvet etkisindeki hız değişimleri inceleneceğinden ipin ucundaki ağırlık deney soruna katlar değiştirilmeyecektir. Araba hareket ederken beraberinde telem şeridini de çeker. Bu şeritten faydalanarak arabanın yol boyunca farklı noktalardaki hızını bulabilir ve hızın zamana göre değişimini veren bir grafik çizebilirsiniz.

Deneyi boş araba; araba + 20gr. ve araba + 50gr. ile yapın. Elde ettiğiniz şeritlerden faydalanarak Tablo-I 'i doldurun.



ŞEKİL-I

t (s)	x (m)			V (m/s)		
	Boş Araba	Araba + 20gr.	Araba + 50gr.	Boş Araba	Araba + 20gr.	Araba + 50gr.

Şekil 2.8. devamı

Daha sonra, öğrenciler tabloyu kullanarak deney raporunda kendilerinden istenen grafikleri çizer. Eğer başka hesaplamalar yapılacaksa bunlar da ifade edilir. Gerekliyorsa laboratuvar sorumluları grafiklerin nasıl çizileceğine ve hesaplamaların nasıl yapılacağına ilişkin yönlendirmelerde bulunur.

Öğrenciler deneyi yaptıktan sonra hangi sonuçlara ulaştıklarını, ilk kısımda tartışılarak ulaşılan sonuçların deneyde gerçekleşip-gerçekleşmediğini sonuç-yorum kısmında ifade eder. Deneydeki hesapların hatalarını tespit ederek sorulan soruların cevaplarını yazarlar.

Tablo-I' deki değerlerden zamanın fonksiyonu olarak konumı gösteren grafiği çizin. Her deneme için bulduğunuz değerleri aynı grafik üzerinde gösterin.

GRAFİK-I

Tablo-I' deki konum değerlerinden ani hızları bulup, Hız- Zaman grafiğini çizin. Yine her deneme için bulduğunuz değerleri aynı grafik üzerinde gösterin.

GRAFİK-II

SONUÇ VE YORUM:

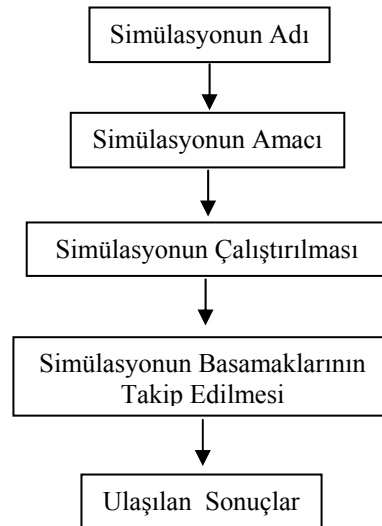
DENEY HATALARI:

SORULARIN CEVAPLARI VE HESAPLAMALAR:

Şekil 2.8. devamı

2.8. Deney Grubundaki Öğrencilere Simülasyon Raporlarının Tanıtılması ve Simülasyonların Kullanılması

Laboratuvarda yapılan deneyleri destekleyecek şekilde tasarlanmış simülasyonları deney grubu öğrencilerinin kolaylıkla kullanması ve anlamasını sağlamak amacıyla deney raporlarına benzer yapıda her bir simülasyona ait simülasyon raporu hazırlanmıştır. Araştırma öncesi deney ve kontrol grubundaki öğrenciler laboratuvardaki deneylerin yapılmasına yönelik “Bir Deneyin Analizi” başlıklı bir hazırlık deneyi yaptığı gibi simülasyon desteği alan deney grubundaki öğrenciler de hazırlanan simülasyonları zorlanmadan kullanabilmek amacıyla simülasyonların nasıl kullanılacağı ile ilgili bir hazırlık çalışması yapmıştır. Bununla birlikte öğrencilere hazırlanan simülasyon raporları da verilerek işleri daha da kolaylaştırılmıştır. Simülasyonlarının kullanılması aşamasında öğrenciler neyin ne işe yaradığını, hangi işlem sırasına göre ilerlemeleri gerektiğini ve hangi sayısal verilere ve grafiklere dikkat etmeleri gerektiğini bu raporlar yardımıyla kolay bir şekilde kavrayabilmiştir. Şekil 2.10.’da ikinci simülasyona ait rapor örneği verilmiştir. Simülasyon raporlarının tamamı ise ekte verilmiştir. Şekil 2.9.’da simülasyonların genel akış şeması gösterilmiştir.



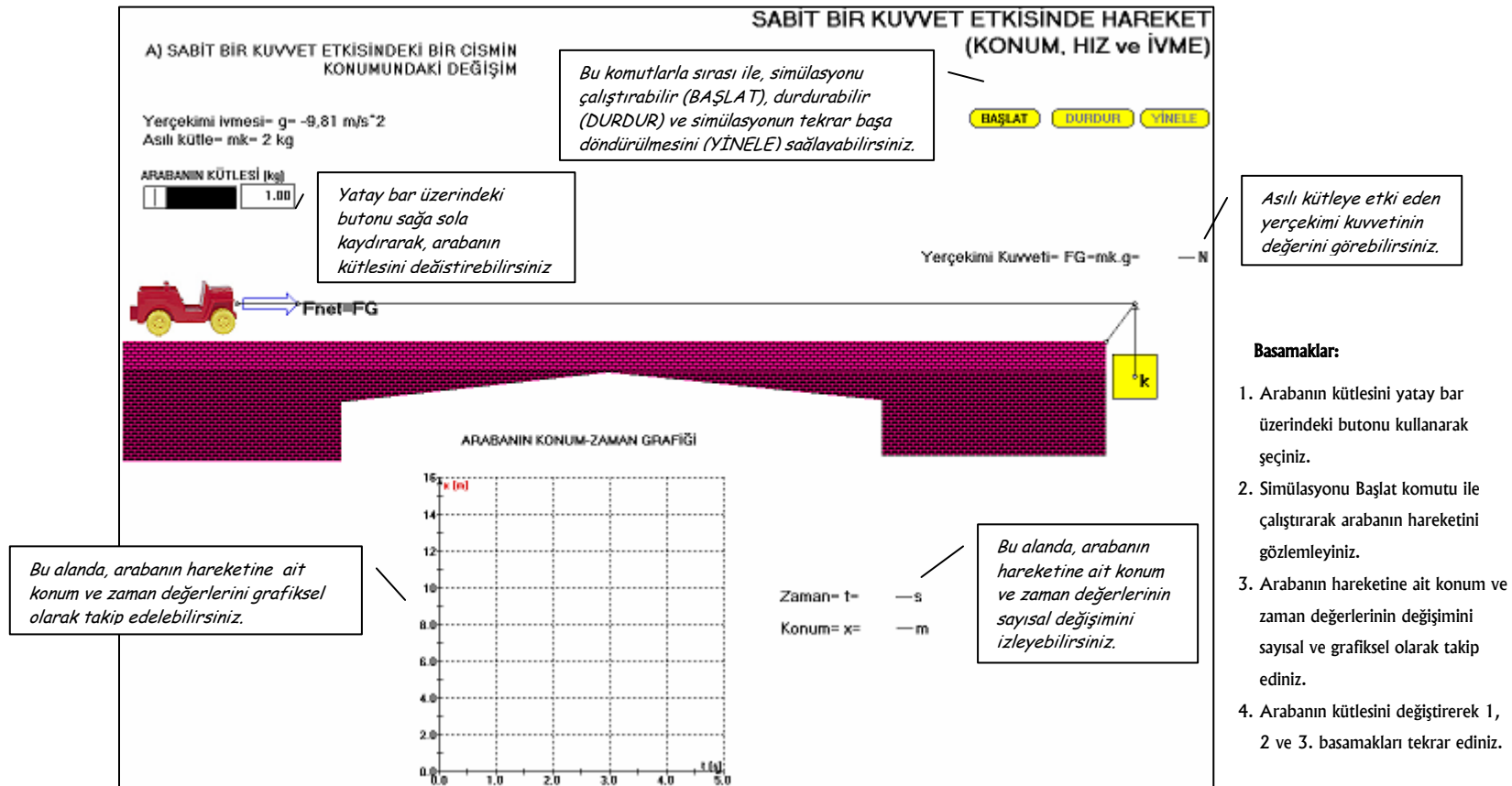
Şekil 2.9. Deney Grubu Simülasyon Raporlarının Akış Şeması

Simülasyon No: 2

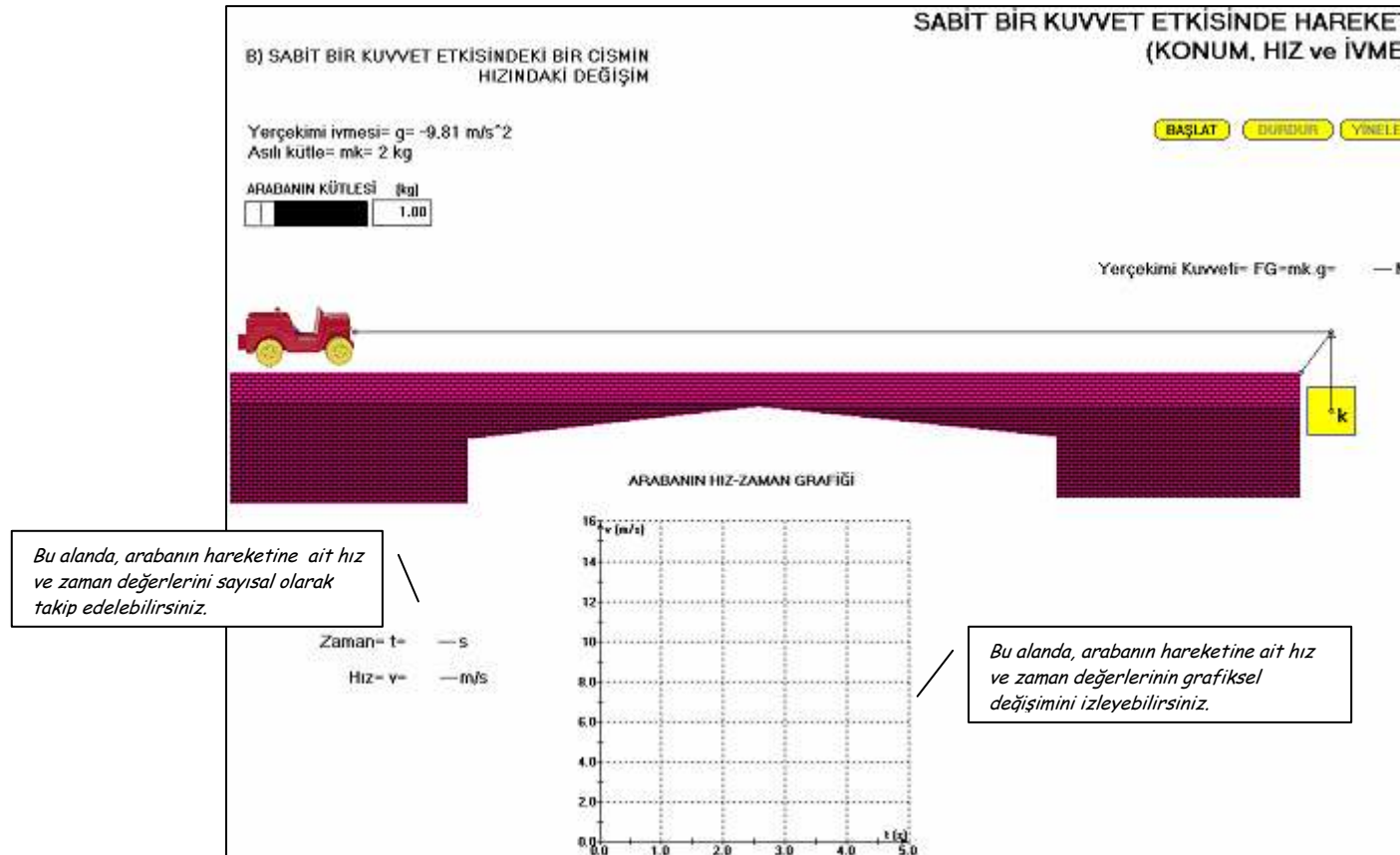
Simülasyonun Adı: Sabit bir kuvvet etkisinde hız değişimleri

Simülasyonun Amacı: Durgun haldeki bir cisme uygulanan sabit kuvvet ile ivme arasındaki ilişkiyi incelemek.

Simülasyonun Çalıştırılması:

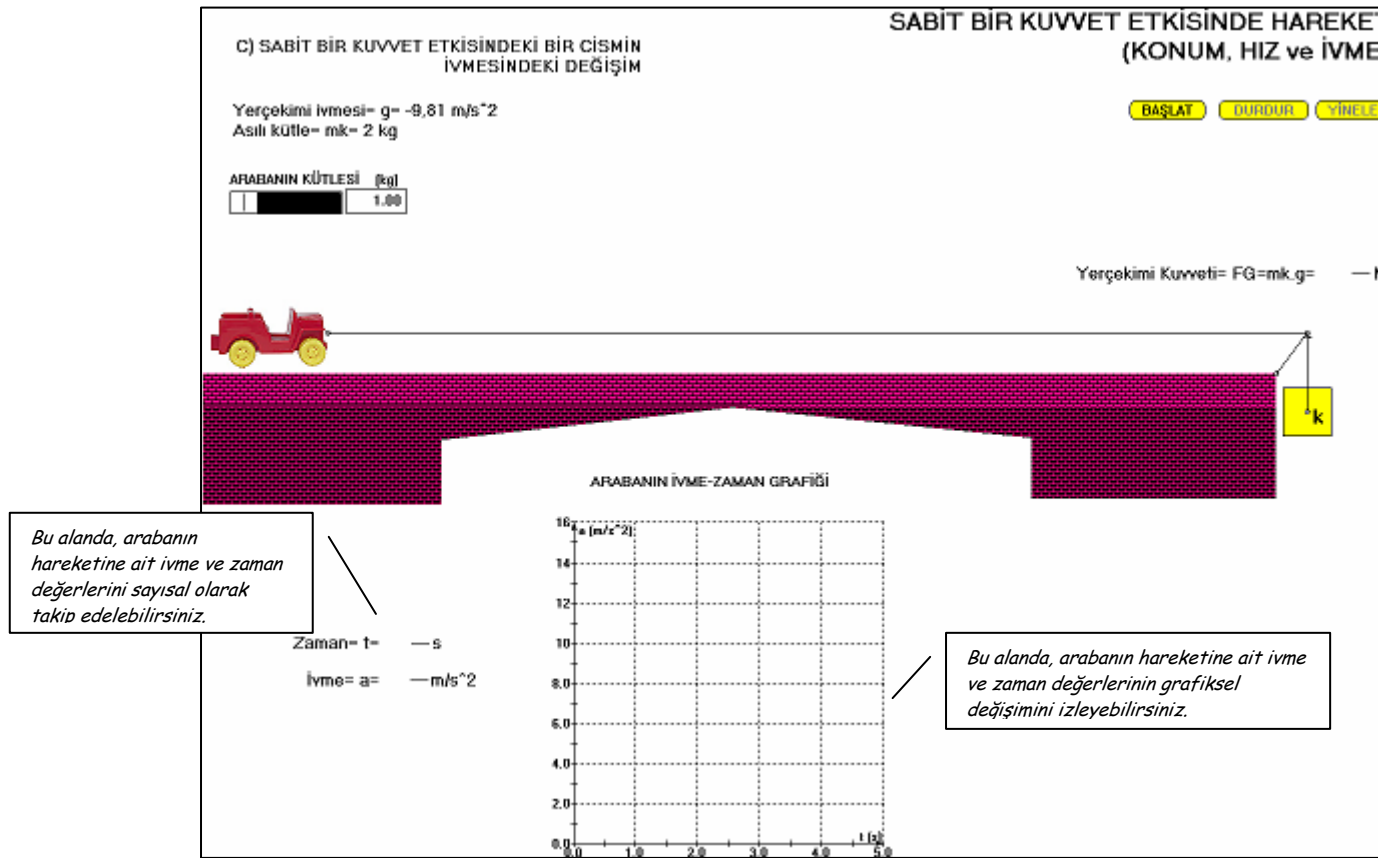


Şekil 2.10. Deney Grubunu Kullandığı Örnek Bir Simülasyon Raporu ve Aşamaları

**Basamaklar:**

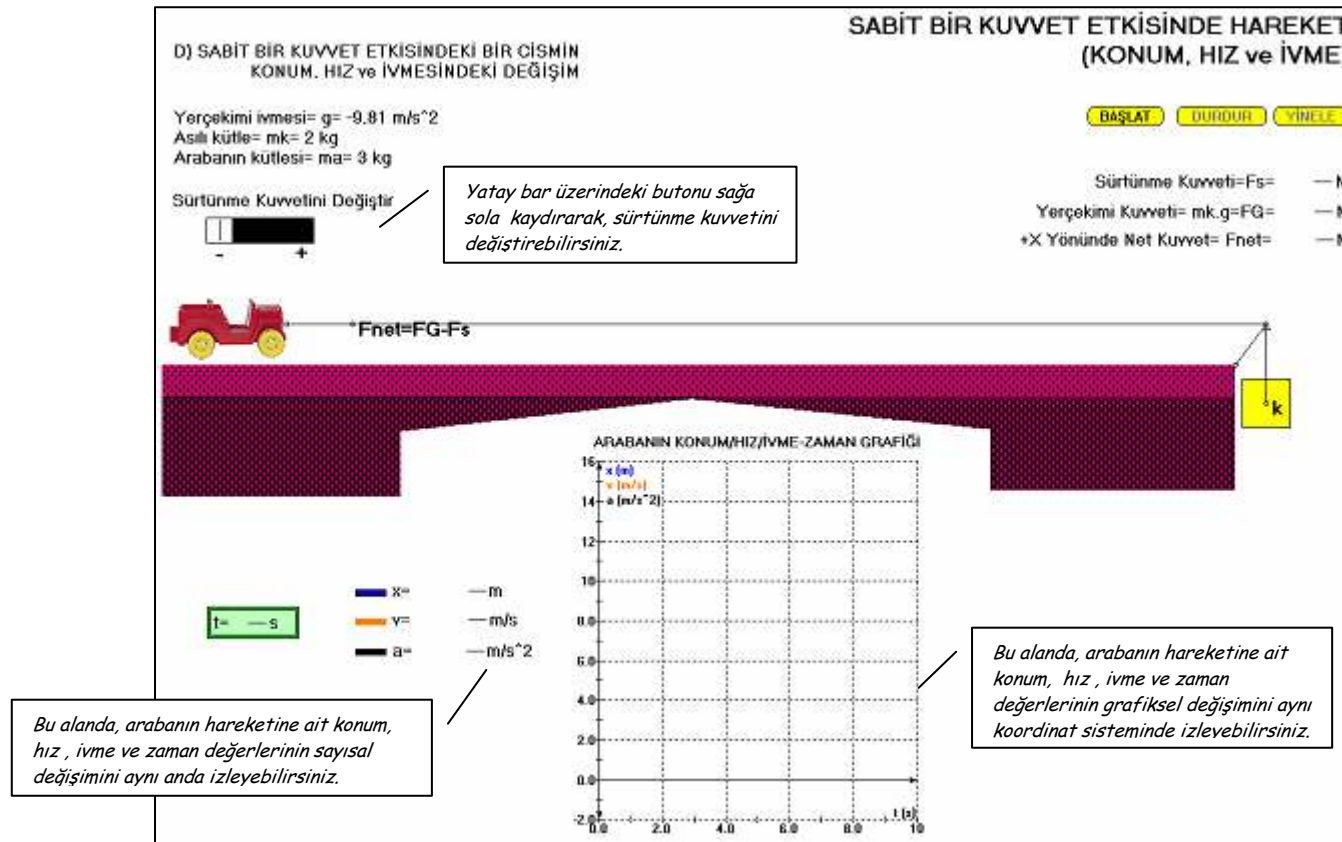
5. Arabanın kütlesini yatay bar üzerindeki butonu kullanarak seçiniz.
6. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak arabanın hareketini gözlemleyiniz.
7. Arabanın hareketine ait hız ve zaman değerlerinin değişimini sayısal ve grafiksel olarak takip ediniz.
8. Arabanın kütlesini değiştirerek 5, 6 ve 7. basamakları tekrar ediniz.

Şekil 2.10. devamı

**Basamaklar:**

9. Arabanın kütleini düşey bar üzerindeki butonu kullanarak seçiniz.
10. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak arabanın hareketini gözlemleyiniz.
11. Arabanın hareketine ait ivme ve zaman değerlerinin değişimini sayısal ve grafiksel olarak takip ediniz.
12. Arabanın kütleini değiştirerek 9, 10 ve 11. basamakları tekrar ediniz.

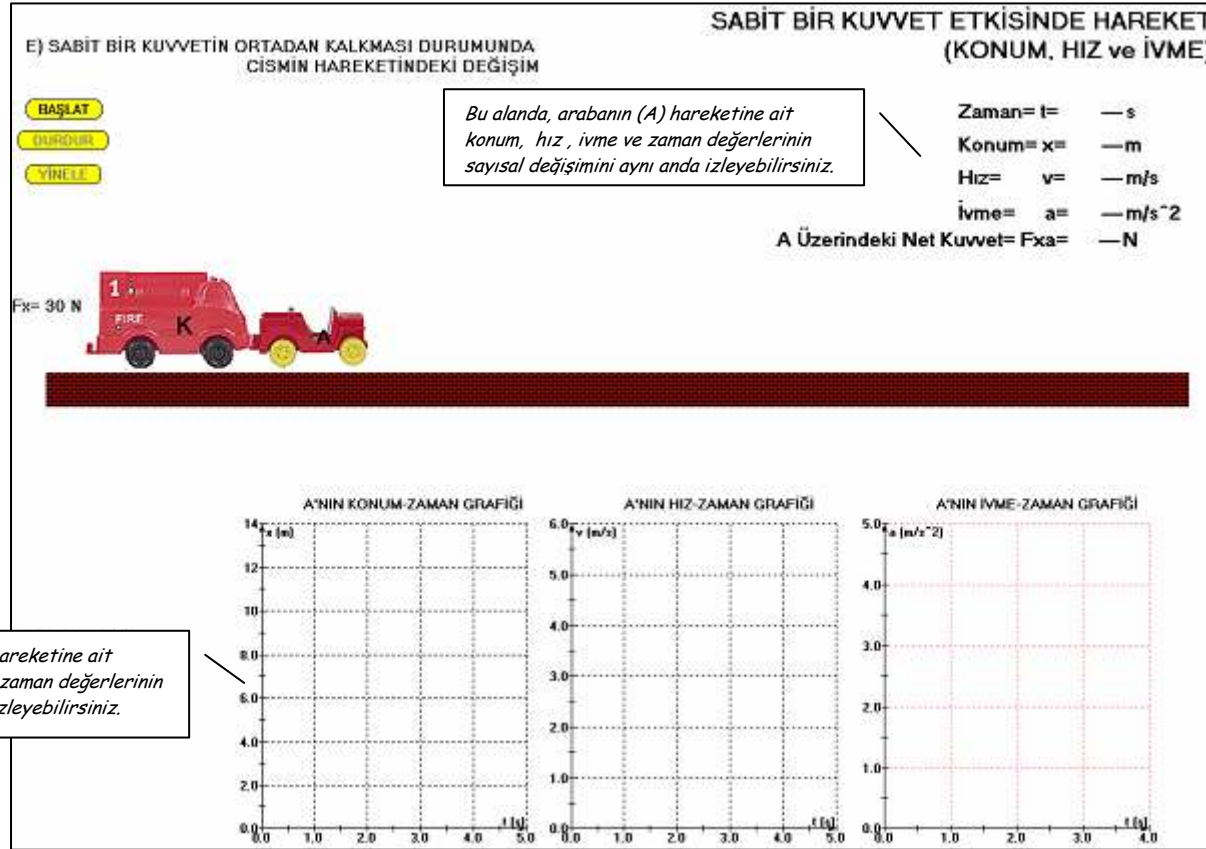
Şekil 2.10. devamı



Basamaklar:

13. Sürtünme kuvvetini yatay bar üzerindeki butonu kullanarak seçiniz.
14. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak arabanın hareketini gözlemleyiniz..
15. Arabanın hareketine ait konum, hız, ivme ve zaman değerlerinin değişimini sayısal ve grafiksel olarak takip ediniz.
16. Sürtünme kuvvetini değiştirerek 13, 14 ve 15. basamakları tekrar ediniz.

Şekil 2.10. devamı

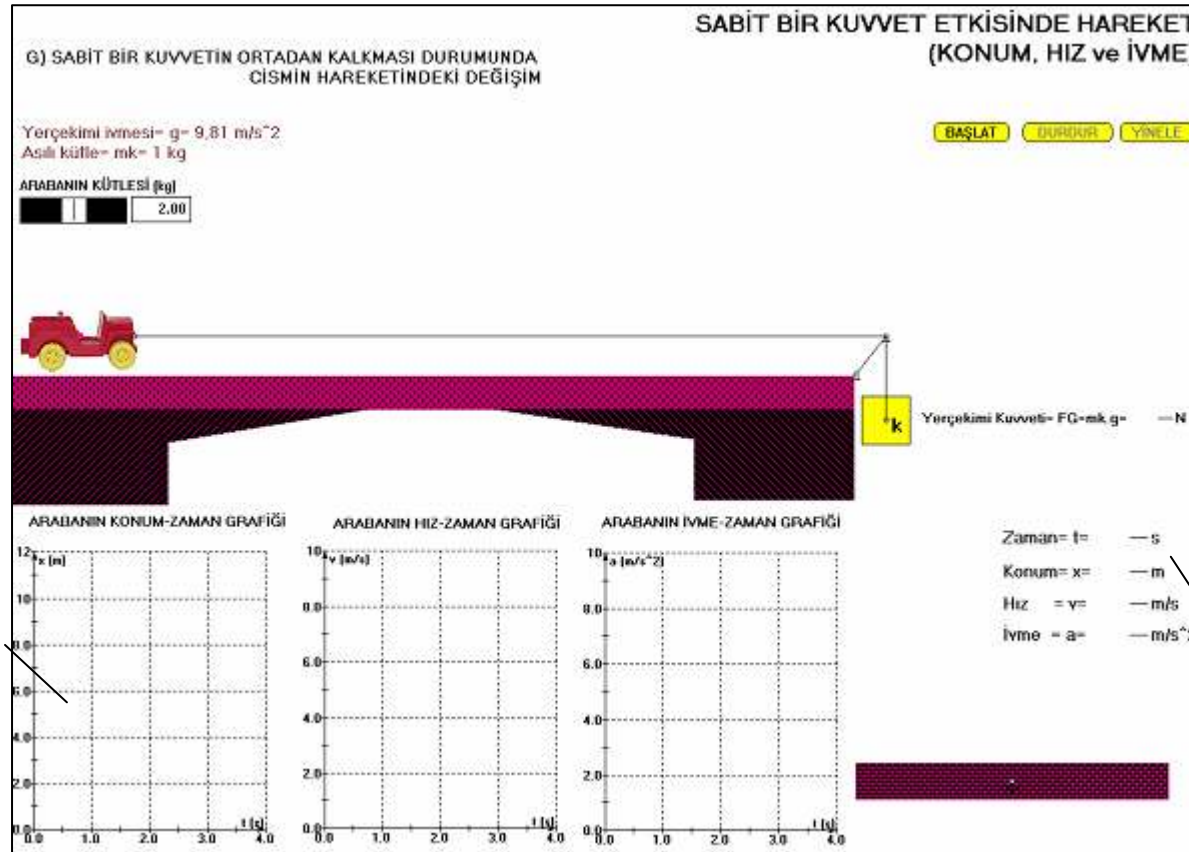


Arabaya (A) etki eden net kuvvetin değerini sayısal olarak takip edebilirsiniz.

Basamaklar:

17. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak arabaların hareketini gözlemleyiniz..
18. A arabasının hareketine ait konum, hız, ivme ve zaman değerlerinin değişimini sayısal ve grafiksel olarak takip ediniz.
19. Grafikleri silerek 21 ve 22. basamakları tekrar ediniz.

Şekil 2.10. devamı

**Basamaklar:**

20. Arabanın kütleini düşey bar üzerindeki butonu kullanarak seçiniz.
21. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak arabanın hareketini gözlemleyiniz..
22. Arabanın hareketine ait konum, hız, ivme ve zaman değerlerinin değişimini sayısal ve grafiksel olarak takip ediniz.
23. Arabanın kütleini değiştirerek 24, 25 ve 26. basamakları tekrar ediniz.

Bu alanda, arabanın hareketine ait konum, hız, ivme ve zaman değerlerinin grafiksel değişimini izleyebilirsiniz.

Bu alanda, arabanın (A) hareketine ait konum, hız, ivme ve zaman değerlerinin sayısal değişimini aynı anda izleyebilirsiniz.

Şekil 2.10. devamı

III. BÖLÜM

BULGU VE YORUMLAR

Bu bölümde simülasyon destekli doğrulama laboratuvar yaklaşımı ile doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı deney ve kontrol gruplarındaki öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışlarının belirlenmesi için uygulanan TMKT'den deneysel araştırma sonucunda elde edilen veriler karşılaştırılarak analizler yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen bulgular alt problemler ve hipotezler dikkate alınarak tablolastırılmış ve bunlara dayanılarak yorumlar yapılmıştır.

Araştırmada kullanılan TMKT'nin üç aşamalı olduğu ve verilerin her bir aşama için nasıl toplandığı bir önceki bölümde ayrıntılı olarak ifade edilmişti. Ayrıca testin her bir aşamasından elde edilen puanların birbiri ile ilişkisi araştırılmış ve aralarındaki korelasyonlar istatistiksel olarak ortaya çıkarılmıştı. Sonuçta gerek başarı gerekse kavram yanlışları puanları dikkate alındığında ilk iki aşama arasında pozitif ve anlamlı bir korelasyon olduğu fakat ikinci ve üçüncü aşamalar arasında ise olmadığı tespit edilmişti. Bu sonuç başarı puanları açısından bilgi eksikliği ve kavram yanlışları açısından ise kavram yanlışları yoktur şeklinde yorumlanmıştı (hatırlamak gerekir ki her yanlış cevap kavram yanlışlığı değildir). Bu bölümde araştırma sonucunda elde edilen bulgular her üç aşamadan elde edilen kavram yanlışları ve başarı puanları dikkate alınarak verilmiştir.

Bulguların ortaya çıkarılmasında, uygulama sonunda elde edilen ve Ek-5-6-7-8'de gösterilen veriler kullanılmıştır. Ek-5'de öğrencilerin TMKT'den aldıkları puanlara/ortalama puanlara, Ek-6'da tablo 2.5.'deki taksonomiye göre kontrol grubu öğrencilerinin puanlarına, Ek-7'de ise yine aynı taksonomiye göre deney grubu öğrencilerinin puanlarına ve Ek-8'de yanlış pozitif-yanlış negatif cevaplara ilişkin kesirlere yer verilmiştir.

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin ön-test ve son-test puanlarına ilişkin betimsel istatistik sonuçları tablo 3.1.'de gösterilmiştir. Tablo 3.1. incelendiğinde normal dağılıma ait çarpıklık ve basıklık değerleri $-2 > < +2$ aralığında olup, her iki grubun ön-test ve son-test puanlarının normal dağılıma sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 3.1. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin Puanlarına İlişkin Betimsel İstatistik Sonuçları

	Deney Grubu						Kontrol Grubu					
	Ön-Test			Son Test			Ön-Test			Son Test		
	Aşamalar						Aşamalar					
İstatistikler	KY1	KY2	KY3	KY1	KY2	KY3	KY1	KY2	KY3	KY1	KY2	KY3
N	45	45	45	45	45	45	48	48	48	48	48	48
Ortalama	15,80	14,33	8,31	6,78	5,16	4,02	16,64	14,00	9,31	12,00	9,75	6,33
Ortanca	16,00	15,00	8,00	6,00	5,00	3,00	17,00	14,00	9,00	12,00	9,00	6,00
Std. Sap.	3,97	4,13	4,43	4,03	3,40	3,28	3,20	3,66	3,53	4,26	3,88	3,32
Çarpıklık	-0,80	-0,60	0,44	0,59	0,45	0,80	-0,30	0,01	0,12	0,02	0,22	0,96
Basıklık	0,41	-0,35	-0,69	-0,20	-0,74	-0,36	-0,79	-0,88	-0,48	-0,43	-0,73	1,57
Minimum	5,00	5,00	1,00	0,00	0,00	0,00	10,00	6,00	3,00	3,00	3,00	0,00
Maksimum	21,00	21,00	18,00	16,00	12,00	12,00	22,00	21,00	18,00	22,00	17,00	16,00
N	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
	45	45	45	45	45	45	48	48	48	48	48	48
	7,55	5,15	2,97	16,15	15,02	12,68	7,18	4,62	3,43	11,50	9,87	7,52
	7,00	5,00	3,00	17,00	16,00	13,00	7,00	4,00	3,00	12,00	10,00	7,50
	3,27	2,86	1,91	4,03	4,46	3,69	2,90	2,66	2,26	4,06	3,74	3,72
	0,56	0,46	0,54	-0,37	-0,37	-0,16	0,48	0,55	0,46	-0,31	-0,09	0,07
	-0,13	-0,50	0,46	-0,33	-0,18	-0,47	-0,94	-0,28	-0,58	0,97	0,38	0,17
	2,00	0,00	0,00	7,00	4,00	4,00	3,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00
	16,00	11,00	8,00	24,00	24,00	20,00	13,00	11,00	8,00	21,00	18,00	17,00

Araştırma öncesinde deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışlığı ve gösterdikleri başarı bakımından denk olup-olmadığını belirlemek amacıyla her iki grubun ön-testin aşamalarından aldıkları kavram yanlışlığı ve başarı puanları bağımsız gruplar t-testi ile analiz edilerek sonuçlar tablo 3.2.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Kontrol ve Deney Grubu Öğrencilerinin Ön-Test Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları

Gruplar	Ölçüm	Aşama	N	X	S	SD	t	p
Deney Grubu Kontrol Grubu	Ön-Test	KY1	45	15,80	3,97	91	1,18	0,239
			48	16,64	3,20			
Deney Grubu Kontrol Grubu	Ön-Test	KY2	45	14,33	4,13	91	0,41	0,682
			48	14,00	3,66			
Deney Grubu Kontrol Grubu	Ön-Test	KY3	45	8,31	4,43	91	1,20	0,233
			48	9,31	3,53			
Deney Grubu Kontrol Grubu	Ön-Test	B1	45	7,55	3,27	91	0,63	0,526
			48	7,18	2,90			
Deney Grubu Kontrol Grubu	Ön-Test	B2	45	5,15	2,86	91	1,18	0,241
			48	4,62	2,66			
Deney Grubu Kontrol Grubu	Ön-Test	B3	45	2,97	1,91	91	1,21	0,226
			48	3,43	2,26			

Tablo 3.2.'de görüldüğü gibi hiç bir aşamada deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön-testten aldıkları kavram yanlışlığı ve başarı puanları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır [$p>0,05$].

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin, tablo 2.5.'deki taksonomideki boyutlara göre, ön-test puanları arasında anlamlı bir fark olup-olmadığını ortaya çıkarmak amacıyla ise bağımsız gruplar t-testi analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları tablo 3.3.'de gösterilmiştir. Tablo 3.3'deki sonuçlara göre hiç bir aşamada deney ve kontrol grubu öğrencilerinin taksonomideki boyutlara ilişkin ön-test puanları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır [$p>0,05$].

Sonuç olarak, araştırma öncesinde, deney ve kontrol grubundaki öğrenciler, sahip oldukları kavram yanlışlıkları ve gösterdikleri başarı bakımından denk kabul edilebilir. Bu sonuca bağlı olarak, araştırmada, ön-test sonuçlarının son-test sonuçlarını etkilemeyeceğini söyleyebiliriz. Buna karşın deney ve kontrol gruplarının karşılaştırılmasında Ancova kullanılarak ön-test puanları kodemişken olarak alınmıştır.

Tablo 3.3. Taksonomideki Boyutlara Göre Kontrol ve Deney Grubu Öğrencilerinin Ön-Test Kavram Yanılgısı Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları

		Boyutlar	Gruplar	N	X	S	SD	t	p
Ön-Test	KY1	Kinematik	Deney Kontrol	45 48	0,64 0,75	0,68 0,73	91	0,72	0,473
		Saklı kuvvet	Deney Kontrol	45 48	6,78 7,56	2,55 2,41	91	1,52	0,131
		Aktif kuvvet	Deney Kontrol	45 48	4,93 5,15	1,68 1,81	91	0,58	0,560
		Hareketin Diğ. Etkileri	Deney Kontrol	45 48	1,18 1,19	1,13 1,04	91	0,43	0,966
		Yerçekimi	Deney Kontrol	45 48	2,22 2,00	1,11 1,09	91	0,97	0,332
	KY2	Kinematik	Deney Kontrol	45 48	0,56 0,67	0,69 0,69	91	0,77	0,442
		Saklı kuvvet	Deney Kontrol	45 48	6,16 6,46	2,63 2,57	91	0,56	0,576
		Aktif kuvvet	Deney Kontrol	45 48	4,42 4,35	1,70 1,73	91	0,19	0,849
		Hareketin Diğ. Etkileri	Deney Kontrol	45 48	1,16 0,96	1,13 1,03	91	0,88	0,380
		Yerçekimi	Deney Kontrol	45 48	2,04 2,56	1,04 1,11	91	0,23	0,220
	KY3	Kinematik	Deney Kontrol	45 48	0,33 0,48	0,56 0,62	91	1,18	0,239
		Saklı kuvvet	Deney Kontrol	45 48	3,80 4,50	2,36 2,23	91	1,47	0,145
		Aktif kuvvet	Deney Kontrol	45 48	2,29 2,71	1,58 1,38	91	1,36	0,175
		Hareketin Diğ. Etkileri	Deney Kontrol	45 48	0,64 0,56	0,67 0,87	91	0,49	0,622
		Yerçekimi	Deney Kontrol	45 48	1,24 1,06	1,11 1,03	91	0,81	0,417

3.1. Birinci Alt Probleme İlişkin Bulgu ve Yorumlar

“Öğrencilerin temel mekanik konusundaki kavram yanılgıları nelerdir?” şeklinde ifade edilen alt probleme ait veriler Ek-5’de gösterilmiştir. Ek-5’deki verilere göre deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin kavram yanılgısı puanları ve puanların ortalamaları TMKT’nin aşamaları arttıkça azalmıştır. Tablo 3.4.’de ise tablo 2.5.’deki taksonomide ifade edilen kavram yanılgılarına ilişkin kesirlerin deney ve kontrol gruplarındaki dağılımları gösterilmiştir.

Tablo 3.4'deki KY3 kesirlerine göre öğrencilerin Tablo 2.5.'deki taksonomide ifade edilen kavram yanlışlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin en fazla “saklı kuvvet bir vuruş ile sağlanır” (S1) kavram yanlışına sahiptir. Bunu her iki grupta “ağır cisimler daha hızlı düşer” (Y2) kavram yanlışına takip etmiştir. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin en az sahip olduğu kavram yanlışına ise “yerçekimi kütlenin doğal bir özelliğidir” (Y1) kavram yanlışlarıdır. “Yerçekimi kütlenin doğal bir özelliğidir” (Y1) ve “aktif kuvvet tükenir”(A4) kavram yanlışlarının dışındakiler öğrenciler arasında yaygındır denilebilir. Çünkü Y1 ve A4 dışındakiler 0,10 kesiri civarında ya da daha yüksek değerdedir (akt: Peşman, 2005, s.86). KY1 kesirlerine göre deney ve kontrol grubundaki öğrenciler tarafından en fazla seçilen ve KY2 kesirlerine göre ise en fazla desteklenen “saklı kuvvet bir vuruş ile sağlanır” (S1) kavram yanlışlarıdır.

Tablo 3.4. Taksonomiye Göre Kavram Yanlışlarının Ön-Test Kesirlerinin Deney ve Kontrol Gruplarındaki Dağılımları

No	Taksonomide Yeralan Kavram Yanlışları	TMKT-Ön Test					
		Deney			Kontrol		
		KY1	KY2	KY3	KY1	KY2	KY3
1	K1. Konum ve hız aynıdır.	0,17	0,10	0,08	0,25	0,21	0,17
2	K2. Hız ve ivme aynıdır.	0,22	0,21	0,11	0,25	0,23	0,16
	<i>Kinematik</i>	0,20	0,16	0,10	0,25	0,22	0,17
3	S1. Saklı kuvvet bir vuruş ile sağlanır.	0,58	0,51	0,38	0,65	0,53	0,45
4	S2. İlk (orijinal) saklı kuvvet kaybolur/geri kazanılır.	0,27	0,26	0,15	0,40	0,37	0,22
5	S3. Saklı kuvvet tükenir (değişir).	0,32	0,28	0,20	0,30	0,23	0,17
6	S4. Kademeli-gecikmeli saklı kuvvet oluşur.	0,19	0,17	0,08	0,22	0,19	0,14
7	S5. Dairesel saklı kuvvet vardır.	0,41	0,41	0,17	0,58	0,52	0,28
	<i>Saklı Kuvvet</i>	0,35	0,33	0,20	0,43	0,37	0,25
8	A1. Hareket, aktif bir kuvvetin olduğunu gösterir.	0,45	0,40	0,20	0,51	0,45	0,30
9	A2. Hız, uygulanan kuvvetle orantılıdır.	0,35	0,33	0,17	0,41	0,36	0,20
10	A3. Kuvvet son hızda ivmeye sebep olur.	0,24	0,23	0,12	0,24	0,19	0,14
11	A4. Aktif kuvvet tükenir.	0,19	0,10	0,06	0,17	0,09	0,06
	<i>Aktif Kuvvet</i>	0,31	0,27	0,14	0,33	0,27	0,18
12	H1. Merkezkaç kuvvet vardır.	0,28	0,27	0,15	0,30	0,24	0,14
	<i>Hareketin Diğer Etkileri</i>	0,28	0,27	0,15	0,30	0,24	0,14
13	Y1. Yerçekimi kütlenin doğal bir özelliğidir.	0,09	0,06	0,05	0,09	0,07	0,04
14	Y2. Ağır cisimler daha hızlı düşer.	0,52	0,51	0,28	0,52	0,41	0,28
15	Y3. Cisimler düşerken yerçekimi artar.	0,30	0,26	0,21	0,25	0,18	0,13
16	Y4. Hafif cisimler daha hızlı yere düşer.	0,13	0,13	0,04	0,14	0,13	0,08
	<i>Yerçekimi</i>	0,26	0,24	0,15	0,25	0,20	0,13
Ortalama		0,29	0,26	0,15	0,33	0,27	0,18

Taksonominin alt boyutlarına göre tablo 3.4. dikkate alındığında ise, KY3 kesirlerine bağlı olarak deney grubundaki öğrencilerin en az *kinematik* en fazla ise *saklı kuvvet* konusunda kavram yanlışlığına sahip olduğu görülmektedir. Kontrol grubundaki öğrencilerinin de en fazla *saklı kuvvet* konusunda en az ise *yerçekimi* konusunda kavram yanlışlığına sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 3.4.’deki kesirlere dikkat edilirse öğrencilerin sahip olduğu kavram yanlışlığı kesirleri testin aşamaları arttıkça çoğunlukla azalmıştır. İkinci-üçüncü aşamalar arasındaki kesirlerdeki düşüş birinci-ikinci aşamalar arasındaki düşüşe kıyasla daha belirgindir. Örneğin deney grubundaki “*dairesel saklı kuvvet vardır*” (S5) kavram yanlışlığının kesir farkı birinci-ikinci aşamalar arasında sıfır iken ikinci-üçüncü aşamalarda ise bu fark 0,24 olmuştur. Diğer belirgin bir örnek de, kontrol grubunda “*ilk (orijinal) saklı kuvvet kaybolur/geri kazanılır*” (S2) yanlışlığının kesir farkı birinci-ikinci aşamalar arasında 0,03 sıfır iken ikinci-üçüncü aşamalar da ise bu fark 0,15’e yükselmiştir. Bu sonuçlar ortalama kesirlerde de kendini göstermiştir. Deney ve kontrol gruplarındaki birinci-ikinci aşamalar arasındaki ortalama kesirler arasındaki fark 0,03-0,06 olup ikinci-üçüncü aşamalar arasındaki fark ise 0,11-0,09’dur. Bu sonuçların nedeni aşamalar arasındaki korelasyonla açıklanmıştır. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin ön-test KY1-A ve KY2-KS puanlarının oluşturduğu ikiliye ilişkin betimsel istatistik sonuçları tablo 3.5.’de gösterilmiştir.

Tablo 3.5. Deney ve Kontrol Grubundaki Ön-Test KY1-A ve KY2-KS Puanlarının Oluşturduğu İkiliye İlişkin Betimsel İstatistik Sonuçları

Grup	Deney Grubu		Kontrol Grubu	
İstatistikler	KY1-A	KY2-KS	KY1-A	KY2-KS
N	90	90	96	96
Ortalama	15,10	14,00	14,87	15,07
Ortanca	15,00	15,00	16,00	15,00
Std. Sap.	3,61	4,92	3,59	4,07
Çarpıklık	-0,52	-0,24	-0,12	0,09
Basıklık	0,16	-0,45	-0,63	-0,68
Minimum	2,00	5,00	6,00	6,00
Maksimum	21,00	24,00	22,00	24,00

Tablo 3.5. incelendiğinde normal dağılıma ait çarpıklık ve basıklık değerleri -2> <+2 aralığında olup, KY1-A ve KY2-KS puanlarının oluşturduğu ikililer normal dağılım göstermektedir. Buna bağlı olarak, KY1-A ve KY2-KS puanları arasındaki Pearson Korelasyonuna ilişkin sonuçlar tablo 3.6.'da gösterilmiştir.

Tablo 3.6. Deney ve Kontrol Gruplarına İlişkin KY1-A ve KY2-KS Puanları Arasındaki Korelasyon

Aşama	Pearson Korelasyon	Deney		Kontrol	
		A	KS	A	KS
KY1	r	0,775*		0,754 *	
	p	0,000		0,000	
	N	45		48	
KY2	p		0,113		-0,074
	N		0,459		0,615
	N		45		48

*Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 3.6. incelendiğinde heriki grupta KY1-A arasında pozitif ve anlamlı bir korelasyon olduğu [$p<0,05$], fakat KY2-KS arasında anlamlı bir korelasyon olmadığı [$p<0,05$] belirlenmiştir. KY1-A arasındaki korelasyonun anlamlı olması öğrencilerin ikinci aşamada *kavram yanlışlarını destekleyen açıklamalar yaptıklarını* belirtmektedir. KY2-KS arasında korelasyon olmaması ise, öğrencilerin test maddelerine verdikleri cevaplarından emin olmamaları nedeni ile *kavram yanlışısı yoktur* şeklinde yorumlanabilir.

Tablo 3.7.'de ise yanlış pozitif ve yanlış negatif cevaplara ilişkin kesirlerin ortalamaları gösterilmiştir. Tablo 3.7.'nin eminim kısmına göre deney grubunda bilimsel bilgiye dayanan cevapların ortalama kesri 0,12 kontrol grubunda ise 0,14'dür. Bilimsel olmayan cevapların ortalama kesri deney grubunda 0,38 olup bunun 0,15'lik kısmını kavram yanlışısı oluşturmaktadır. Kontrol grubunda ise bu kesir 0,44 olup bunun 0,18'lik kısmı kavram yanlışısıdır. Deney grubunda yanlış pozitif ve yanlış negatif ortalama kesirler sırası ile 0,05 ve 0,02 iken diğer grupta 0,07 ve 0,02'dir. Tablo 3.7'nin emin değilim kısmının tümü ise öğrencilerin bilgi eksikliğine ilişkin ortalama kesirleri her bir durum için ayrı ayrı göstermektedir. Deney ve kontrol gruplarındaki öğrencilerin hemen hemen aynı oranda bilimsel bilgiye ve bilgi eksikliğine sahip olduğunu söyleyebiliriz.

Tablo 3.7. Ön-Test Başarı Puanlarına Göre Yanlış Pozitif ve Yanlış Negatif Cevaplara İlişkin Ortalama Kesirler

		Eminim				Emin Değilim			
		2. Aşama				2. Aşama			
		Deney		Kontrol		Deney		Kontrol	
		doğru	yanlış	doğru	yanlış	doğru	yanlış	doğru	yanlış
1. Aşama	doğru	0,12	0,05	0,14	0,07	0,09	0,01	0,05	0,04
	yanlış	0,02	0,38	0,02	0,44	0,01	0,28	0,01	0,23

3.2. İkinci Alt Probleme İlişkin Bulgu ve Yorumlar

AP2₁: “Geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin TMKT ön-test ve son-test kavram yanlışlığı puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?” şeklinde ifade edilen alt probleme ait veriler Ek-5’de gösterilmiştir. Ek-5’deki ortalama puanlar aşama aşama karşılaştırıldığında, ön-test ortalamaları ile son-test ortalamaları arasında fark olduğu görülmüştür. Her üç aşamada son-test ortalamaları ön-test ortalamalarına göre daha düşük çıkmıştır.

Tablo 3.8.’de ise tablo 2.5.’deki taksonomiye göre kavram yanlışlığı kesirlerinin kontrol grubundaki dağılımları gösterilmiştir. Tablo 3.8.’den kontrol grubundaki öğrencilerin son-testteki kavram yanlışlığı kesirlerinin ön-testtekilerden daha düşük olduğu anlaşılmaktadır. Son-testteki ortalama kesirler de buna bağlı olarak azalmıştır. Geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımına göre öğrenim gören öğrencilerin kavram yanlışlarında azalma olmuştur.

Her ne kadar son-test KY3 kesirlerine göre kontrol grubundaki öğrencilerin kavram yanlışları azalmış olsa da, 0,10 kesirinin altında olan K2, S4, A4, Y1, Y3 ve Y4 dışındaki kavram yanlışları öğrenciler arasında hala yaygın olarak yer almaktadır.

Tablo 3.8. Taksonomiye Göre Kavram Yanılgısı Kesirlerinin Kontrol Grubundaki Dağılımları

No	Taksonomide Yeralan Kavram Yanılgıları	Kontrol Grubu					
		Ön-Test			Son-Test		
		KY1	KY2	KY3	KY1	KY2	KY3
1	K1. Konum ve hız aynıdır.	0,25	0,21	0,17	0,21	0,15	0,13
2	K2. Hız ve ivme aynıdır.	0,25	0,23	0,16	0,18	0,14	0,07
	<i>Kinematik</i>	0,25	0,22	0,17	0,20	0,15	0,10
3	S1. Saklı kuvvet bir vuruş ile sağlanır.	0,65	0,53	0,45	0,48	0,40	0,32
4	S2. İlk (orijinal) saklı kuvvet kaybolur/geri kazanılır.	0,40	0,37	0,22	0,36	0,32	0,19
5	S3. Saklı kuvvet tükenir (değişir).	0,30	0,23	0,17	0,25	0,15	0,10
6	S4. Kademeli-gecikmeli saklı kuvvet oluşur.	0,22	0,19	0,14	0,16	0,13	0,08
7	S5. Dairesel saklı kuvvet vardır.	0,58	0,52	0,28	0,31	0,28	0,17
	<i>Saklı Kuvvet</i>	0,43	0,37	0,25	0,31	0,26	0,17
8	A1. Hareket, aktif bir kuvvetin olduğunu gösterir.	0,51	0,45	0,30	0,40	0,33	0,20
9	A2. Hız, uygulanan kuvvetle orantılıdır.	0,41	0,36	0,20	0,33	0,28	0,19
10	A3. Kuvvet son hızda ivmeye sebep olur.	0,24	0,19	0,14	0,18	0,14	0,10
11	A4. Aktif kuvvet tükenir.	0,17	0,09	0,06	0,03	0,02	0,01
	<i>Aktif Kuvvet</i>	0,33	0,27	0,18	0,24	0,19	0,13
12	H1. Merkezkaç kuvvet vardır.	0,30	0,24	0,14	0,20	0,16	0,10
	<i>Hareketin Diğer Etkileri</i>	0,30	0,24	0,14	0,20	0,16	0,10
13	Y1. Yerçekimi kütlenin doğal bir özelliğidir.	0,09	0,07	0,04	0,00	0,00	0,00
14	Y2. Ağır cisimler daha hızlı düşer.	0,52	0,41	0,28	0,38	0,34	0,24
15	Y3. Cisimler düşerken yerçekimi artar.	0,25	0,18	0,13	0,09	0,06	0,02
16	Y4. Hafif cisimler daha hızlı yere düşer.	0,14	0,13	0,08	0,08	0,07	0,05
	<i>Yerçekimi</i>	0,25	0,20	0,13	0,14	0,12	0,08
Ortalama		0,33	0,27	0,18	0,22	0,18	0,12

Tablo 2.5.'deki taksonomideki alt boyutlar dikkate alındığında da, kontrol grubu öğrencilerinde, ön-testte tespit edilen kavram yanılgısı kesirlerinin son-testte azaldığı tablo 3.8.'den anlaşılmaktadır. KY3 kesirlerine göre öğrencilerin en fazla *saklı kuvvet* konusundaki kavram yanılgılarında azalma olmuştur.

Araştırma sonunda kontrol grubundaki öğrencilerin KY1, KY2 ve KY3 kesirleri ve kesirlerin ortalamaları azalmıştır. Ön-test ile son-test kavram yanılgısı puanları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olup-olmadığı AP2₁'e ait H₀₁ hipotezi ile test edilmiştir.

Hipotez 1

H_{01} : Geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin TMKT ön-test ve son-test kavram yanılığısı puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Yukarıda ifade edilen hipotezi test etmek amacı ile bağımlı gruplar t-testi analizi yapılarak sonuçlar tablo 3.9.'da gösterilmiştir.

Tablo 3.9. Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test ve Son-Test Kavram Yanılığısı Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları

	Ölçüm	Aşama	N	X	S	t	p
Kontrol Grubu	Ön-Test	KY1	48	16,64	3,20	9,50	0,000
	Son-Test		48	12,00	4,26		
	Ön-Test	KY2	48	14,00	3,66	8,01	0,000
	Son-Test		48	9,75	3,88		
	Ön-Test	KY3	48	9,31	3,53	7,32	0,000
	Son-Test		48	6,33	3,32		

Tablo 3.9'a göre kontrol grubundaki öğrencilerin ön-test ve son-test kavram yanılığısı puanları arasında son test lehine anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir [$p < 0,05$]. Bu sonuca göre H_{01} hipotezi reddedilmiştir.

Kontrol grubundaki öğrencilerin ön-test ve son-test puanları taksonomideki alt boyutlara göre bağımlı gruplar t-testi ile analiz edildiğinde ise tablo 3.10.'daki sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre birinci aşamada *kinematik*, ikinci aşamada *hareketin diğer etkileri* ve yine üçüncü aşamada da *hareketin diğer etkileri* konularına ilişkin ön-test ve son-test puanları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır [$p > 0,05$]. Ön-test ve son-test KY3 puanlarının t-testi analizine göre, geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımı *hareketin diğer etkileri* ilgili yanılığların giderilmesi yönünde anlamlı bir katkıda bulunmamıştır.

Tablo 3.10. Taksonomideki Boyutlara Göre Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test ve Son-Test Kavram Yanılgısı Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları

		Boyutlar	Ölçüm	N	X	S	t	p
Kontrol Grubu	KV1	Kinematik	Ön-Test Son-Test	48	0,75 0,56	0,73 0,68	1,70	0,095*
		Saklı kuvvet	Ön-Test Son-Test	48	7,56 5,73	2,41 2,52	4,76	0,000
		Aktif kuvvet	Ön-Test Son-Test	48	5,15 3,81	1,81 1,81	4,22	0,000
		Hareketin Diğ. Etkileri	Ön-Test Son-Test	48	1,19 0,79	1,04 1,03	2,13	0,038
		Yerçekimi	Ön-Test Son-Test	48	2,00 1,10	1,09 0,90	4,52	0,000
	KV2	Kinematik	Ön-Test Son-Test	48	0,67 0,43	0,69 0,61	2,28	0,027
		Saklı kuvvet	Ön-Test Son-Test	48	6,46 4,56	2,57 2,24	4,73	0,000
		Aktif kuvvet	Ön-Test Son-Test	48	4,35 3,29	1,73 1,62	3,66	0,001
		Hareketin Diğ. Etkileri	Ön-Test Son-Test	48	0,96 0,63	1,03 0,91	1,80	0,077*
		Yerçekimi	Ön-Test Son-Test	48	2,56 0,96	1,11 0,82	3,17	0,003
	KV3	Kinematik	Ön-Test Son-Test	48	0,48 0,37	0,62 0,49	2,11	0,040
		Saklı kuvvet	Ön-Test Son-Test	48	4,50 3,00	2,23 1,88	4,65	0,000
		Aktif kuvvet	Ön-Test Son-Test	48	2,71 2,04	1,38 1,53	3,18	0,003
		Hareketin Diğ. Etkileri	Ön-Test Son-Test	48	0,56 0,40	0,87 0,71	1,15	0,252*
		Yerçekimi	Ön-Test Son-Test	48	1,06 0,63	1,03 0,70	2,45	0,018

Ön-test ve son-test A ve KS puanlarına ilişkin betimsel istatistik sonuçları tablo 3.11.'de gösterilmiştir. Tablo 3.11. incelendiğinde normal dağılıma ait çarpıklık ve basıklık değerleri $-2 < +2$ aralığında olup, A ve KS ön-test ve son-test puanları normal dağılım göstermektedir.

Tablo 3.11. Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test Son-Test A ve KS Puanlarına İlişkin Betimsel İstatistik Sonuçları

İstatistikler	Ön-Test		Son-Test	
	A	KS	A	KS
N	48	48	48	48
Ortalama	13,10	16,14	9,89	16,60
Ortanca	14,00	16,50	10,00	17,50
Std. Sap.	3,07	4,21	3,47	4,31
Çarpıklık	-0,19	-0,03	0,26	-0,67
Basıklık	-0,70	-0,73	-0,26	0,16
Minimum	6,00	7,00	3,00	6,00
Maksimum	18,00	24,00	18,00	24,00

Kontrol grubundaki öğrencilerinin A ve KS puanları arasında anlamlı bir fark olup-olmadığı da bağımlı gruplar t-testi ile araştırılarak sonuçlar tablo 3.12.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.12. Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test Son-Test A ve KS Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları

Kontrol Grubu	Ölçüm	Aşama	N	X	S	t	p
	Ön-Test	A	48	13,10	3,07	7,33	0,000
	Son-Test		48	9,89	3,47		
	Ön-Test	KS	48	16,14	4,21	0,69	0,490
	Son-Test		48	16,60	4,31		

Tablo 3.12.'ye göre kontrol grubundaki öğrencilerin ön-test ve son-test A puanları arasında son-test lehine anlamlı bir fark tespit edilmiştir [$p < 0,05$]. Fakat ön-test ve son-test KS puanları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır [$p > 0,05$]. Ön-test ve son-test A puanları arasındaki anlamlı fark, araştırma sonunda kontrol grubu öğrencilerinin kavram yanlışlarını destekleyen açıklamalarında azalma olduğu sonucuna ulaştırmıştır. Buna karşın öğrencilerin kararlılık seviyelerinde bir değişiklik olmamıştır. Bu sonuç, ön-testte üçüncü aşama dışındaki aşamalara bağlı olarak kavram yanlışısına düşen öğrencilerin sayısının son-testte azalmış olması ile ilişkilendirilebilir. Çünkü KY1, KY2 ve A puanları arasında son-test lehine anlamlı bir fark bulunmuştur.

AP2₂: “Geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin TMKT ön-test ve son-test başarı puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?” şeklinde ifade edilen alt problem aşağıdaki hipotezle araştırılmıştır.

Hipotez 2

H₀₂: Geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin TMKT ön-test ve son-test başarı puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Kontrol grubundaki öğrencilerinin başarı puanları arasında anlamlı bir fark olup-olmadığını belirlemek için yukarıda ifade edilen hipotez, bağımlı gruplar t-testi analizi ile test edilerek sonuçlar tablo 3.13.’de gösterilmiştir.

Tablo 3.13. Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test ve Son-Test Başarı Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları

	Ölçüm	Aşama	N	X	S	t	p
Kontrol Grubu	Ön-Test	B1	48	7,18	2,90	9,89	0,000
	Son-Test		48	11,50	4,06		
	Ön-Test	B2	48	4,62	2,66	13,19	0,000
	Son-Test		48	9,87	3,74		
	Ön-Test	B3	48	3,43	2,26	9,87	0,000
	Son-Test		48	7,52	3,72		

Tablo 3.13’e göre kontrol grubundaki öğrencilerin ön-test ve son-test başarı puanları arasında son-test lehine anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir [$p < 0,05$]. Yani araştırma sonunda öğrencilerin başarılarında artış olmuştur.

Tablo 3.14.’de kontrol grubundaki yanlış pozitif ve yanlış negatif cevaplara ilişkin kesirlerin ortalamaları gösterilmiştir. Tablo 3.14.’ün eminim kısmına göre kontrol grubunda bilimsel bilgiye dayanan cevapların ortalama kesri 0,17’lik artış göstermiştir. Bilimsel olmayan cevapların ortalama kesri ise 0,44’den 0,31’e düşmüştür. Bu düşüşün 0,06’lık kısmı kavram yanlışlarındaki azalmadan kaynaklanmaktadır. Yanlış pozitif ve yanlış negatif ortalama kesirleri arasında büyük bir fark ortaya çıkmamıştır. Bilimsel bilgi kesrindeki artış, bilimsel olmayan bilgi ve

bilgi eksikliği kesirlerindeki azalma ile ilişkilidir. Bilimsel olmayan bilgi kesrindeki azalmanın diğerlerine kıyasla çok fazla olması, bilimsel bilgi kesrindeki artışın en çok bundan kaynaklandığı sonucunu doğurmaktadır. Yani ön-testte ilk iki aşamada yanlış cevap veren ve cevaplarından emin olan öğrencilerin çoğunluğu son-testte doğru cevap vermiştir. Bu durum aynı zamanda bilgi eksikliği ön-test ve son-test toplam ortalama kesirleri (0,33-0,31) arasında belirgin bir farkın oluşmamasına neden olmuştur. Bununla birlikte tablo 3.14'ün emin değilim kısmında doğru-doğru cevaplardaki iki katlık artış da bilimsel olmayan bilgi kesrindeki azalma ile ilişkilendirilebilir. Bu durum bazı öğrencilerin uygulama sonunda bilimsel olmayan bilgilerinden vazgeçtiğine fakat bu yönde kararlılık sergileyemediğine işaret etmektedir.

Tablo 3.14. Başarı Puanlarına Göre Yanlış Pozitif ve Yanlış Negatif Cevaplara İlişkin Ortalama Kesirler

	Kontrol Grubu	Eminim				Emin Değilim			
		2. Aşama				2. Aşama			
		Ön-Test		Son-Test		Ön-Test		Son-Test	
		doğru	yanlış	doğru	yanlış	doğru	yanlış	doğru	yanlış
1. Aşama	doğru	0,14	0,07	0,31	0,04	0,05	0,04	0,10	0,03
	yanlış	0,02	0,44	0,03	0,31	0,01	0,23	0,01	0,17

3.3. Üçüncü Alt Probleme İlişkin Bulgu ve Yorumlar

AP3₁: “Bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı deney grubu öğrencilerinin TMKT ön-test ve son-test kavram yanlışlığı puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?” şeklinde ifade edilen alt probleme ait veriler Ek-5’de gösterilmiştir. Ek-5’deki ortalama puanlar aşama aşama karşılaştırıldığında, ön-test ortalamaları ile son-test ortalamaları arasında fark olduğu görülmüştür. Her üç aşamada son-test ortalamaları ön-test ortalamalarına göre daha düşüktür.

Tablo 3.15’de ise Tablo 2.4’deki taksonomiye göre kavram yanlışlığı kesirlerinin deney grubundaki dağılımları gösterilmiştir. Tablo 3.15.’den deney grubunda son-testteki kesirlerin ön-testtekilerden daha düşük olduğu anlaşılmaktadır. Son-testteki ortalama kesirler de buna bağlı olarak azalmıştır. Simülasyon destekli geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımına göre öğrenim gören öğrencilerin kavram yanlışlıklarında azalma olmuştur.

Bununla birlikte, son-test KY3 kesirlerine göre, deney grubundaki öğrencilerin kavram yanlışlıkları azalmış olmasına rağmen 0,10 kesrinin üzerinde olan K2, S1, A1 ve A2 kavram yanlışlıkları öğrenciler arasında hala yaygın olarak yer almaktadır.

Tablo 3.15. Taksonomiye Göre Kavram Yanlışlıklarının Ön-Test ve Son-Test Kesirlerinin Deney Grubundaki Dağılımları

No	Taksonomide Yeralan Kavram Yanlışlıkları	Deney Grubu					
		Ön-Test			Son-Test		
		KY1	KY2	KY3	KY1	KY2	KY3
1	K1. Konum ve hız aynıdır.	0,17	0,10	0,08	0,13	0,06	0,06
2	K2. Hız ve ivme aynıdır. <i>Kinematik</i>	0,22 0,20	0,21 0,16	0,11 0,10	0,13 0,13	0,11 0,09	0,10 0,08
3	S1. Saklı kuvvet bir vuruş ile sağlanır.	0,58	0,51	0,38	0,29	0,19	0,16
4	S2. İlk (orijinal) saklı kuvvet kaybolur/geri kazanılır.	0,27	0,26	0,15	0,11	0,08	0,05
5	S3. Saklı kuvvet tükenir (değişir).	0,32	0,28	0,20	0,09	0,05	0,05
6	S4. Kademeli-gecikmeli saklı kuvvet oluşur.	0,19	0,17	0,08	0,05	0,03	0,03
7	S5. Dairesel saklı kuvvet vardır. <i>Saklı Kuvvet</i>	0,41 0,35	0,41 0,33	0,17 0,20	0,06 0,12	0,04 0,08	0,03 0,06
8	A1. Hareket, aktif bir kuvvetin olduğunu gösterir.	0,45	0,40	0,20	0,29	0,26	0,17
9	A2. Hız, uygulanan kuvvetle orantılıdır.	0,35	0,33	0,17	0,22	0,18	0,14
10	A3. Kuvvet son hızda ivmeye sebep olur.	0,24	0,23	0,12	0,10	0,09	0,08
11	A4. Aktif kuvvet tükenir. <i>Aktif Kuvvet</i>	0,19 0,31	0,10 0,27	0,06 0,14	0,02 0,16	0,02 0,14	0,02 0,10
12	H1. Merkezkaç kuvvet vardır. <i>Hareketin Diğer Etkileri</i>	0,28 0,28	0,27 0,27	0,15 0,15	0,11 0,11	0,09 0,09	0,07 0,07
13	Y1. Yerçekimi kütlenin doğal bir özelliğidir.	0,09	0,06	0,05	0,00	0,00	0,00
14	Y2. Ağır cisimler daha hızlı düşer.	0,52	0,51	0,28	0,16	0,10	0,08
15	Y3. Cisimler düşerken yerçekimi artar.	0,30	0,26	0,21	0,15	0,08	0,07
16	Y4. Hafif cisimler daha hızlı yere düşer. <i>Yerçekimi</i>	0,13 0,26	0,13 0,24	0,04 0,15	0,09 0,10	0,08 0,07	0,03 0,05
Ortalama		0,29	0,26	0,15	0,12	0,09	0,07

Tablo 2.5.’deki taksonomideki alt boyutlar dikkate alındığında, deney grubu öğrencilerinde, ön-testte tespit edilen kavram yanlışlığı kesirlerinin son-testte azaldığı tablo 3.15.’den anlaşılmaktadır. KY3 kesirlerine göre öğrencilerin en fazla *saklı kuvvet* konusundaki kavram yanlışlıklarında azalma olmuştur.

Araştırma sonunda deney grubundaki öğrencilerin KY1, KY2 ve KY3 kesirleri ve kesirlerin ortalamaları azalmıştır. Ön-test ile son-test kavram yanlışlığı puanları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olup-olmadığı AP3₁'e ait H₀₃ hipotezi ile test edilmiştir.

Hipotez 3

H₀₃: Bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı deney grubu öğrencilerinin TMKT ön-test ve son-test kavram yanlışlığı puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Yukarıda ifade edilen hipotezi test etmek amacı bağımlı gruplar t-testi analizi yapılmıştır. Sonuçlar tablo 3.16.'da gösterilmiştir.

Tablo 3.16. Deney Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test ve Son-Test Kavram Yanlışlığı Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları

	Ölçüm	Aşama	N	X	S	t	p
Deney Grubu	Ön-Test	KY1	45	15,80	3,97	13,61	0,000
	Son-Test		45	6,78	4,03		
	Ön-Test	KY2	45	14,33	4,13	10,69	0,000
	Son-Test		45	5,16	3,40		
	Ön-Test	KY3	45	8,31	4,43	6,76	0,000
	Son-Test		45	4,02	3,28		

Tablo 3.16.'ya göre deney grubundaki öğrencilerin ön-test ve son-test kavram yanlışlığı puanları arasında son-test lehine anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir [$p < 0,05$]. Bu sonuca göre H₀₃ hipotezi reddedilmiştir.

Deney grubundaki öğrencilerin ön-test ve son-test puanları taksonomideki alt boyutlara göre bağımlı gruplar t-testi ile analiz edildiğinde ise tablo 3.17.'deki sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre her üç aşamada *kinematik* konularına ilişkin ön-test ve son-test puanları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır [$p > 0,05$]. Bu sonuca göre, simülasyon destekli geleneksel doğrulama laboratuvarı yaklaşımı *kinematik* konusu ile ilgili yanlışlıkların giderilmesi yönünde anlamlı bir katkı sağlamamıştır.

Tablo 3.17. Taksonomideki Boyutlara Göre Deney Grubundaki Öğrencilerin Ön Test-Son-Test Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları

		Boyutlar	Ölçüm	N	X	S	t	p
Deney Grubu	KY1	Kinematik	Ön-Test Son-Test	45	0,64 0,40	0,68 0,62	1,97	0,054*
		Saklı kuvvet	Ön-Test Son-Test	45	6,78 2,31	2,55 2,02	11,76	0,000
		Aktif kuvvet	Ön-Test Son-Test	45	4,93 2,76	1,68 1,68	7,02	0,000
		Hareketin Diğ. Etkileri	Ön-Test Son-Test	45	1,18 0,47	1,13 0,76	3,55	0,001
		Yerçekimi	Ön-Test Son-Test	45	2,22 0,84	1,11 0,93	7,75	0,000
	KY2	Kinematik	Ön-Test Son-Test	45	0,56 0,31	0,69 0,56	1,91	0,062*
		Saklı kuvvet	Ön-Test Son-Test	45	6,16 1,47	2,63 1,59	11,45	0,000
		Aktif kuvvet	Ön-Test Son-Test	45	4,42 2,42	1,70 1,67	6,63	0,000
		Hareketin Diğ. Etkileri	Ön-Test Son-Test	45	1,16 0,38	1,13 0,68	3,97	0,000
		Yerçekimi	Ön-Test Son-Test	45	2,04 0,58	1,04 0,66	8,48	0,000
	KY3	Kinematik	Ön-Test Son-Test	45	0,33 0,29	0,56 0,55	0,42	0,675*
		Saklı kuvvet	Ön-Test Son-Test	45	3,80 1,22	2,36 1,59	6,79	0,000
		Aktif kuvvet	Ön-Test Son-Test	45	2,29 1,76	1,58 1,42	2,17	0,035
		Hareketin Diğ. Etkileri	Ön-Test Son-Test	45	0,64 0,31	0,71 0,60	2,40	0,020
		Yerçekimi	Ön-Test Son-Test	45	1,24 0,44	1,11 0,59	4,62	0,000

Ön-test ve son-test A ve KS puanlarına ilişkin betimsel istatistik sonuçları tablo 3.18.'de gösterilmiştir. Tablo 3.18. incelendiğinde normal dağılıma ait çarpıklık ve basıklık değerleri $-2 > < +2$ aralığında olup, A ve KS ön-test ve son-test puanları normal dağılım göstermektedir.

Tablo 3.18. Deney Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test Son-Test A ve KS Puanlarına İlişkin Betimsel İstatistik Sonuçları

İstatistikler	Ön-Test		Son-Test	
	A	KS	A	KS
N	45	45	45	45
Ortalama	14,44	13,66	4,97	19,71
Ortanca	15,00	12,00	5,00	20,00
Std. Sap.	3,13	5,63	3,12	3,49
Çarpıklık	-0,54	-0,01	0,29	-0,73
Basıklık	0,13	-0,68	-0,91	0,10
Minimum	6,00	2,00	0,00	10,00
Maksimum	20,00	24,00	11,00	24,00

Deney grubundaki öğrencilerin A ve KS puanları arasında anlamlı bir fark olup-olmadığı da bağımlı gruplar t-testi ile analiz edilerek analiz sonuçları tablo 3.19.'da gösterilmiştir.

Tablo 3.19. Deney Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test Son-Test A ve KS Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları

Deney Grubu	Ölçüm	Aşama	N	X	S	t	p
	Ön-Test	A	45	14,44	3,13	17,65	0,000
	Son-Test		45	4,97	3,12		
	Ön-Test	KS	45	13,66	5,63	10,01	0,000
	Son-Test		45	19,71	3,49		

Tablo 3.19.'a göre deney grubundaki öğrencilerin ön-test ve son-test A puanlarında son-test lehine, KS'de ise kavram yanlışlarındaki azalma da göz önünde bulundurularak son-test lehine anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir [$p < 0,05$]. Ön-test ve son-test A puanları arasındaki anlamlı fark, araştırma sonunda deney grubu öğrencilerinin kavram yanlışlarını destekleyen açıklamalarında azalma olduğunu göstermiştir. Buna karşın öğrencilerin kararlılık seviyelerinde son-testte artış olmuştur. Bu sonuç şu şekilde yorumlanabilir. KY1, KY2 ve A puanları arasındaki son-test lehindeki anlamlı farka bağlı olarak üçüncü aşama dışındaki aşamalara bağlı olarak kavram yanlışısına düşen öğrencilerin sayısı son-testte azalmıştır.

Bunun yanı sıra deney grubundaki kavram yanlışları kesirlerinin kontrol grubuna kıyasla daha düşük olması da göz önünde bulundurularak, deney grubunda diğer aşamalara da bağlı olarak kavram yanlışlarına düşenlerin sayısının da azalmış olduğu söylenebilir. Yani bu öğrenciler de öğrenciler kavram yanlışlarından araştırma sonunda vazgeçerek kararlılıklarını son-testin üçüncü aşamasında göstermiştir.

AP3₂: “Bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı deney grubu öğrencilerinin TMKT ön-test ve son-test başarı puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?” şeklinde ifade edilen alt problem aşağıdaki hipotezle araştırılmıştır.

Hipotez 4

H₀₄: Bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı deney grubu öğrencilerinin TMKT ön-test ve son-test başarı puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Deney grubundaki öğrencilerinin başarı puanları arasında anlamlı bir fark olup-olmadığını belirlemek için yukarıda ifade edilen hipotez, bağımlı gruplar t-testi analizi ile test edilerek sonuçlar tablo 3.20.’de gösterilmiştir.

Tablo 3.20. Deney Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test ve Son-Test Başarı Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları

	Ölçüm	Aşama	N	X	S	t	p
Deney Grubu	Ön-Test	B1	45	7,55	3,27	15,14	0,000
	Son-Test		45	16,15	4,03		
	Ön-Test	B2	45	5,15	2,86	17,09	0,000
	Son-Test		45	15,02	4,46		
	Ön-Test	B3	45	2,97	1,91	19,86	0,000
	Son-Test		45	12,68	3,69		

Tablo 3.20'ye göre deney grubundaki öğrencilerin ön-test ve son-test başarı puanları arasında son-test lehine anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir [$p<0,05$]. Yani öğrenciler araştırma sonunda testten daha başarılı sonuçlar almıştır.

Tablo 3.21.'de deney grubundaki yanlış pozitif ve yanlış negatif cevaplara ilişkin kesirlerin ortalamaları gösterilmiştir. Tablo 3.21.'ün eminim kısmına göre deney grubunda bilimsel bilgiye dayanan cevapların ortalama kesri 0,41'lik artış göstermiştir. Bilimsel olmayan cevapların ortalama kesri ise 0,38'den 0,22'ye düşmüştür. Bu düşüşün 0,08'lik kısmı kavram yanılgılarındaki azalmadan kaynaklanmaktadır. Bilimsel bilgi kesrindeki belirgin artış bilimsel olmayan bilgi ve bilgi eksikliği kesirlerinde belirgin bir azalmaya neden olmuştur. Yanlış pozitif ve yanlış negatif ortalama kesirleri arasında büyük bir fark ortaya çıkmamıştır. Tablo 3.21'in emin değilim kısmına göre öğrencilerin bilgi eksikliklerinde toplam ortalama kesir olarak 0,25'lik azalma görülmüş ve en fazla azalma yanlış-yanlış kesirlerinde olmuştur.

Tablo 3.21. Başarı Puanlarına Göre Yanlış Pozitif ve Yanlış Negatif Cevaplara İlişkin Ortalama Kesirler

	Deney Grubu	Eminim				Emin Değilim			
		2. Aşama				2. Aşama			
		Ön-Test		Son-Test		Ön-Test		Son-Test	
		doğru	yanlış	doğru	yanlış	doğru	yanlış	doğru	yanlış
1. Aşama	doğru	0,12	0,05	0,53	0,04	0,09	0,05	0,10	0,01
	yanlış	0,02	0,38	0,03	0,22	0,01	0,28	0,01	0,06

3.4. Dördüncü Alt Probleme İlişkin Bulgu ve Yorumlar

AP4₁: “Bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı deney grubu ile geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin TMKT son-test kavram yanılgısı puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?” şeklinde ifade

edilen alt probleme ait veriler Ek-5’de gösterilmiştir. Ek-5’deki son-test puanları aşama aşama karşılaştırıldığında, deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ortalamaları arasında fark olduğu görülmüştür. Her üç aşamada deney grubunun son-test ortalamaları kontrol grubunkine göre daha düşüktür.

Tablo 3.22.’de ise tablo 2.5.’deki taksonomiye göre kavram yanlışlığı kesirlerinin deney ve kontrol gruplarındaki dağılımları gösterilmiştir. Tablo 3.22.’den deney grubundaki öğrencilerin son-testteki kavram yanlışlığı kesir ortalamalarının kontrol grubundakilerden daha düşük olduğu fark edilmektedir. Yani simülasyon destekli geleneksel doğrulama laboratuvarı yaklaşımına göre öğrenim gören deney grubu öğrencilerinin kavram yanlışlıklarında, sadece geleneksel doğrulama laboratuvarı yaklaşımına göre öğrenim gören kontrol grubu öğrencilerine göre daha fazla azalma olmuştur.

Tablo 3.22. Taksonomiye Göre Kavram Yanlışlıklarının Son-Test Kesirlerinin Deney ve Kontrol Gruplarındaki Dağılımları

No	Taksonomide Yeralan Kavram Yanlışlıkları	Son-Test					
		Deney Grubu			Kontrol Grubu		
		KY1	KY2	KY3	KY1	KY2	KY3
1	K1. Konum ve hız aynıdır.	0,13	0,06	0,06	0,21	0,15	0,13
2	K2. Hız ve ivme aynıdır.	0,13	0,11	0,10	0,18	0,14	0,07
	<i>Kinematik</i>	0,13	0,09	0,08	0,20	0,15	0,10
3	S1. Saklı kuvvet bir vuruş ile sağlanır.	0,29	0,19	0,16	0,48	0,40	0,32
4	S2. İlk (orijinal) saklı kuvvet kaybolur/geri kazanılır.	0,11	0,08	0,05	0,36	0,32	0,19
5	S3. Saklı kuvvet tükenir (değişir).	0,09	0,05	0,05	0,25	0,15	0,10
6	S4. Kademeli-gecikmeli saklı kuvvet oluşur.	0,05	0,03	0,03	0,16	0,13	0,08
7	S5. Dairesel saklı kuvvet vardır.	0,06	0,04	0,03	0,31	0,28	0,17
	<i>Saklı Kuvvet</i>	0,12	0,08	0,06	0,31	0,26	0,17
8	A1. Hareket, aktif bir kuvvetin olduğunu gösterir.	0,29	0,26	0,17	0,40	0,33	0,20
9	A2. Hız, uygulanan kuvvetle orantılıdır.	0,22	0,18	0,14	0,33	0,28	0,19
10	A3. Kuvvet son hızda ivmeye sebep olur.	0,10	0,09	0,08	0,18	0,14	0,10
11	A4. Aktif kuvvet tükenir.	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01
	<i>Aktif Kuvvet</i>	0,16	0,14	0,10	0,24	0,19	0,13
12	H1. Merkezkaç kuvvet vardır.	0,11	0,09	0,07	0,20	0,16	0,10
	<i>Hareketin Diğer Etkileri</i>	0,11	0,09	0,07	0,20	0,16	0,10
13	Y1. Yerçekimi kütleli bir cismin doğal bir özelliğidir.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	Y2. Ağır cisimler daha hızlı düşer.	0,16	0,10	0,08	0,38	0,34	0,24
15	Y3. Cisimler düşerken yerçekimi artar.	0,15	0,08	0,07	0,09	0,06	0,02
16	Y4. Hafif cisimler daha hızlı yere düşer.	0,09	0,08	0,03	0,08	0,07	0,05
	<i>Yerçekimi</i>	0,10	0,07	0,05	0,14	0,12	0,08
Ortalama		0,12	0,09	0,07	0,22	0,18	0,12

Tablo 2.5.'deki taksonomideki alt boyutlar dikkate alındığında, deney grubundaki öğrencilerin son-test kavram yanlışlığı kesirleri kontrol grubuna göre daha düşük olduğu tablo 3.22.'den anlaşılmaktadır. KY3 kesirlerine göre en fazla *saklı kuvvet* konusundaki kavram yanlışlığı kesirlerinde deney grubu lehine farklılık vardır.

Araştırma sonunda deney grubundaki öğrencilerin KY1, KY2 ve KY3 ortalama kesirleri her üç aşamada daha düşüktür. Deney ve kontrol gruplarının kavram yanlışlığı puanları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olup-olmadığı AP₄ ait H₀₅ hipotezi ile test edilmiştir.

Hipotez 5

H₀₅: Bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı deney grubu ile geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin TMKT son-test kavram yanlışlığı puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Deney ve kontrol grubu arasında anlamlı bir fark olup-olmadığını belirlemek amacıyla her iki gruba ilişkin düzeltilmiş son-test ortalama puanları Ancova ile analiz edilmiştir. Bu doğrultuda ön-teste ait KY1, KY2 ve KY3 puanları kodeğişken, uygulanan yaklaşım bağımsız değişken ve de son-test puanları bağımlı değişken olarak alınmıştır. Analiz ile ilgili betimsel istatistikler tablo 3.23.'de gösterilmiştir. Yukarıda ifade edilen hipotezi test etmek amacıyla yapılan Ancova analizinden elde edilen veriler ise tablo 3.24'de gösterilmiştir.

Tablo 3.23. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test, Son-Test ve Düzeltilmiş Son-Test Ortalama Kavram Yanlışlığı Puanları

Aşama	Grup	N	Ön-Test Ortalama	Son-Test Ortalama	Düzeltilmiş Son-Test Ortalama
KY1	Kontrol	48	16,64	12,00	11,75
	Deney	45	15,80	6,78	7,04
KY2	Kontrol	48	14,00	9,75	9,81
	Deney	45	14,33	5,16	5,09
KY3	Kontrol	48	9,31	6,33	6,12
	Deney	45	8,31	4,02	4,25

Tablo 3.24. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test Puanlarına Göre Düzeltilmiş Son-Test Kavram Yanılgısı Puanlarının Ancova Sonuçları

		Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	p	η^2	Gözlem Gücü
SON TEST	KY1	KY1 (ön)	383,724	1	383,724	29,167	0,000	0,245	1,000
		Grup	508,057	1	508,057	38,617	0,000	0,300	1,000
		Hata	1184,054	90					
		Toplam	10547,000	93					
	KY2	KY2 (ön)	203,001	1	203,001	18,019	0,000	0,167	0,987
		Grup	516,951	1	516,951	45,887	0,000	0,338	1,000
		Hata	1013,911	90					
		Toplam	6976,000	93					
	KY3	KY3 (ön)	280,455	1	280,455	35,491	0,000	0,283	1,000
		Grup	79,994	1	79,994	10,123	0,002	0,101	0,883
		Hata	711,190	90					
		Toplam	3645,000	93					

Tablo 3.24.'deki sonuçlara göre; uygulanan yaklaşımın, Ancova analizinde ön-test kavram yanılgısı puanları kod değişken olarak alındığında, istatistiksel olarak son-test kavram yanılgısı puanları arasında deney grubu lehine anlamlı bir farklılık yarattığı tespit edilmiştir [$p < 0,05$]. Bu sonuca göre H_{05} hipotezi reddedilmiştir. Uygulanan deneysel değişkene ilişkin etki genişliğini gösteren η^2 değerleri ise, bağımsız değişkenin (KY-Ön) etkisiyle açıklanan varyans oranıdır. η^2 değerlerinin de büyük ve orta değerlere karşılık geldiği görülmektedir. Çünkü η^2 değerleri 0,01, 0,06 ve 0,14 olarak sırasıyla küçük, orta, büyük olarak tanımlanmıştır. (Büyüköztürk; 2008; s.44).

Boyutlara göre grupların son-test puanları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını ortaya çıkarmak amacı ile bağımsız gruplar t-testi yapılmış ve sonuçlar tablo 3.25.'de gösterilmiştir. Tablo 3.25.'deki sonuçlara göre birinci aşamada *saklı kuvvet* ve *aktif kuvvet*, ikinci aşamada *saklı kuvvet* ve *yerçekimi*, son aşamada ise sadece *saklı kuvvet* konularında deney ve kontrol grupları arasında deney grubu lehine anlamlı bir fark bulunmuştur [$p < 0,05$]. Buna karşın birinci aşamada *kinematik*, *hareketin diğer etkileri* ve *yerçekimi*, ikinci aşamada *kinematik*, *aktif kuvvet* ve *hareketin diğer etkileri*, üçüncü aşamada ise *kinematik*, *aktif kuvvet*, *hareketin diğer etkileri* ve *yerçekimi* konularında deney ve kontrol grupları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır [$p > 0,05$]. KY3 puanlarına göre, bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel laboratuvar yaklaşımı sadece *saklı kuvvet* konusundaki kavram yanılgılarının giderilmesinde etkili olmuştur.

Tablo 3.25. Taksonomideki Boyutlara Göre Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Son-Test Kavram Yanılgısı Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları

		Boyutlar	Gruplar	N	X	S	SD	t	p
Son-Test	KY1	Kinematik	Deney	45	0,40	0,62	91	1,20	0,232
			Kontrol	48	0,56	0,68			
		Saklı kuvvet	Deney	45	2,31	2,02	91	7,19	0,000*
			Kontrol	48	5,73	2,52			
		Aktif kuvvet	Deney	45	2,76	1,68	91	2,96	0,004*
			Kontrol	48	3,81	1,81			
		Hareketin Diğ. Etkileri	Deney	45	0,47	0,76	91	1,72	0,088
			Kontrol	48	0,79	1,03			
		Yerçekimi	Deney	45	0,84	0,93	91	1,36	0,175
			Kontrol	48	1,10	0,90			
	KY2	Kinematik	Deney	45	0,31	0,56	91	0,87	0,388
			Kontrol	48	0,42	0,61			
		Saklı kuvvet	Deney	45	1,47	1,59	91	7,64	0,000*
			Kontrol	48	4,56	2,24			
		Aktif kuvvet	Deney	45	2,42	1,67	91	2,42	0,270
			Kontrol	48	3,19	1,62			
		Hareketin Diğ. Etkileri	Deney	45	0,38	0,68	91	1,46	0,145
			Kontrol	48	0,63	0,91			
		Yerçekimi	Deney	45	0,58	0,66	91	2,45	0,016*
			Kontrol	48	0,96	0,82			
	KY3	Kinematik	Deney	45	0,29	0,55	91	0,17	0,860
			Kontrol	48	0,27	0,49			
		Saklı kuvvet	Deney	45	1,22	1,59	91	4,90	0,000*
			Kontrol	48	3,00	1,88			
		Aktif kuvvet	Deney	45	1,76	1,42	91	0,93	0,353
			Kontrol	48	2,04	1,53			
		Hareketin Diğ. Etkileri	Deney	45	0,31	0,60	91	0,62	0,535
			Kontrol	48	0,40	0,71			
		Yerçekimi	Deney	45	0,44	0,59	91	1,34	0,184
			Kontrol	48	0,63	0,70			

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin A ve KS puanları arasında anlamlı bir fark olup-olmadığı bağımsız gruplar t-testi ile analiz edilerek analiz sonuçları tablo 3.26’da gösterilmiştir (Deney ve kontrol gruplarına ait A-KS son-test puanlarına ilişkin betimsel istatistik sonuçları tablo 3.11 ve 3.18.’de verilmiştir).

Tablo 3.26. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin Ön-Test Son-Test A ve KS Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları

Gruplar	Ölçüm	Aşama	N	X	S	SD	t	p
Deney Grubu Kontrol Grubu	Son-Test	A	45	4,97	3,12	91	7,15	0,000
			48	9,89	3,47			
Deney Grubu Kontrol Grubu	Son-Test	KS	45	19,71	3,49	91	3,80	0,000
			48	16,60	4,31			

Tablo 3.26.'ya göre deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin son-test A puanlarında deney grubu lehine KS'de de ise kavram yanlışlarındaki azalma da göz önünde bulundurularak deney grubu lehine anlamlı bir fark olduğu saptanmıştır [$p < 0,05$]. Son-test A puanları arasındaki anlamlı fark, araştırma sonunda deney grubu öğrencilerinin kavram yanlışlarını destekleyen açıklamalarındaki azalmanın kontrol grubundakine kıyasla daha fazla olduğuna işaret etmektedir. KS puanları arasındaki deney grubu lehindeki anlamlı fark ise, deney grubundaki kavram yanlışları kesirlerinin kontrol grubuna kıyasla daha az olması da göz önünde bulundurularak, deney grubunda diğer aşamalara da bağlı olarak kavram yanlışlarına düşenlerin sayısının da azalmış olmasından kaynaklanmaktadır. Yani bu öğrenciler de öğrenciler kavram yanlışlarından araştırma sonunda vazgeçerek kararlılıklarını son-testin üçüncü aşamasında göstermiştir.

AP4₂: “Bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı deney grubu ile geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin TMKT son-test başarı puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?” şeklinde ifade edilen alt problem aşağıdaki hipotezle araştırılmıştır.

Hipotez 6

H₀₆: Bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı deney grubu ile geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin TMKT son-test başarı puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Tablo 3.27. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test, Son-Test ve Düzeltilmiş Son-Test Ortalama Başarı Puanları

Aşama	Grup	N	Ön-Test Ortalama	Son-Test Ortalama	Düzeltilmiş Son-Test Ortalama
B1	Kontrol	48	7,18	11,50	11,89
	Deney	45	7,55	16,15	15,49
B2	Kontrol	48	4,62	9,87	10,36
	Deney	45	5,15	15,02	14,24
B3	Kontrol	48	3,43	7,52	7,37
	Deney	45	2,97	12,68	12,51

Deney ve kontrol grubu arasında anlamlı bir fark olup-olmadığını belirlemek amacıyla her iki gruba ilişkin düzeltilmiş son-test ortalama puanları Ancova ile analiz edilmiştir. Bu doğrultuda ön-teste ait B1, B2 ve B3 puanları kodeğişken, uygulanan yaklaşım bağımsız değişken ve de son-test puanları bağımlı değişken olarak alınmıştır. Analiz ile ilgili betimsel istatistikler tablo 3.27.'de gösterilmiştir. Yukarıda ifade edilen hipotezi test etmek amacıyla yapılan Ancova analizinden elde edilen veriler ise tablo 3.28'de gösterilmiştir.

Tablo 3.28. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Ön-Test Puanlarına Göre Düzeltilmiş Son-Test Başarı Puanlarının Ancova Sonuçları

	Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	p	η^2	Gözlem Gücü
SON TEST	B1 (ön)	487,174	1	487,174	37,975	0,000	0,297	1,000
		Grup	300,880	1	300,880	23,453	0,000	0,207
		Hata	1154,605	90				
		Toplam	19587,000	93				
	B2 (ön)	575,230	1	575,230	46,699	0,000	0,342	1,000
		Grup	344,628	1	344,628	27,978	0,000	0,237
		Hata	1108,597	90				
		Toplam	16374,000	93				
	B3 (ön)	397,492	1	397,492	36,437	0,000	0,288	1,000
		Grup	602,293	1	602,293	55,210	0,000	0,380
		Hata	981,819	90				
		Toplam	11212,000	93				

Tablo 3.28.'deki sonuçlara göre; uygulanan yaklaşımın, Ancova analizinde ön-test başarı puanları kodeğişken olarak alındığında, istatistiksel olarak son-test başarı puanları arasında deney grubu lehine anlamlı bir farklılık yarattığı tespit edilmiştir [$p < 0,05$]. Bu sonuca göre H_{06} hipotezi reddedilmiştir. Araştırma sonunda, deney grubundaki öğrenciler kontrol grubundaki öğrencilere kıyasla daha fazla başarı

göstermiştir. Uygulanan deneysel değişkene ilişkin etki genişliğini gösteren η^2 değerleri ise, bağımsız değişkenin (B-Ön) etkisiyle açıklanan varyans oranıdır. η^2 değerlerinin de büyük değerlere karşılık geldiği görülmektedir.

Tablo 3.29.'da ise yanlış pozitif ve yanlış negatif cevaplara ilişkin kesirlerin ortalamaları gösterilmiştir. Tablo 3.29.'un eminim kısmına göre deney grubunda bilimsel bilgiye dayanan cevapların ortalama kesri 0,53 kontrol grubunda ise 0,31'dir. Bilimsel olmayan cevapların ortalama kesri deney grubunda 0,21 olup bunun 0,07'lik kısmı kavram yanılgısıdır. Kontrol grubunda ise bilimsel olmayan cevapların kesri 0,31 olup bunun 0,12'lik kısmı kavram yanılgısıdır. Deney ve kontrol grubunda yanlış pozitif ve yanlış negatif ortalama kesirler birbirine eşit olup sırası ile 0,04 ve 0,03 değerlerine sahiptir. Tablo 3.29.'un emin değilim kısmına göre ise kontrol grubunda bilgi eksikliğine ilişkin toplam ortalama kesri 0,31 iken bu kesir deney grubunda 0,18'dir. Deney grubunda özellikle yanlış-yanlış cevapların ortalama kesri kontrol grubuna göre belirgin bir miktarda azalmıştır. Yani kontrol grubu deney grubuna kıyasla araştırma sonunda daha fazla bilgi eksikliğine sahiptir

Tablo 3.29. Son-Test Başarı Puanlarına Göre Yanlış Pozitif ve Yanlış Negatif Cevaplara İlişkin Ortalama Kesirler

		Eminim				Emin Değilim			
		2. Aşama				2. Aşama			
		Deney		Kontrol		Deney		Kontrol	
		doğru	yanlış	doğru	yanlış	doğru	yanlış	doğru	yanlış
1. Aşama	doğru	0,53	0,04	0,31	0,04	0,10	0,01	0,10	0,03
	yanlış	0,03	0,22	0,03	0,31	0,01	0,06	0,01	0,17

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde, araştırma sonucunda elde edilen bulgu ve yorumlara bağlı olarak genel sonuçlara ve önerilere yer verilmiştir.

4.1. Sonuçlar

Araştırmanın uygulama sonuçlarına yer vermeden önce yapılan literatür çalışmasına ilişkin sonuçları kısaca vermek gerekir. Fen eğitiminde kavram yanlışlarının teşhis ve tedavisine yönelik çalışmalar hala güncelliğini korumaktadır. Çünkü öğretim sürecinin bilimsel kavramlara dayandırılarak sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi ancak öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışlarının belirlenmesine, giderilmesine ve kavram yanlışlarının oluşumunu önleyecek öğretimsel yaklaşımların kullanılmasına bağlıdır. Tüm yaklaşımlardaki amaç öğrencilerin zihinsel modelleri ile bilimsel kavramlar arasındaki tutarsızlıklarla öğrencileri yüzleştirmek ve öğrencilerin bilimsel kavramlara dayanan yeni modeller geliştirmelerini sağlamaktır. Bu yüzdendir ki, fen eğitimi araştırmacıları kavram yanlışları ile baş edilmesinde yetersiz kalan geleneksel yaklaşımlara alternatif çözümler aramaktadır. Fen eğitimindeki araştırmaların eğitim teknolojileri ile bütünleştirilmeye başlanması yeni bazı öğretim yöntem ve tekniklerini de beraberinde getirmiştir. Özellikle güçlü bir modelleme yöntemi olarak değerlendirilen bilgisayar simülasyonlarının fen sınıflarında etkin kullanımları öğretim sürecine önemli katkılar sağlayabilmektedir. Birçok araştırmacı, olgularla ilgili deneyim kazanmalarına bağlı olarak öğrencilerin kendi kavramları ile bilimsel kavramlar arasındaki tutarsızlıklarla yüzleşebileceğini vurgular. Bu aşamada devreye giren bilgisayar simülasyonları, öğrencilere bilimsel kavramlarla ilgili çeşitli deneyimler kazanmalarına, kendi kavramlarını gözden geçirmelerine, bilimsel

kavramları özümlemelerine yardımcı olabilmektedir. Fakat simülasyonların kullanımı ile ilgili yapılan araştırmalar, simülasyonları öğretim sürecinin sadece bir parçası olduğuna ve simülasyonların diğer uygun öğretim yaklaşımları ile beraber kullanılması durumunda pozitif etkiler yaratabileceğine işaret etmektedir.

Bu çalışmada deneysel aktivitelerin bilgisayar simülasyonları ile desteklenmesinin temel mekanik konusundaki kavram yanlışlarının giderilmesine etkisi yarı deneysel yöntemle araştırılmıştır. Kavram yanlışlarının belirlenmesinde üç aşamalı test kullanılmıştır. Araştırma sonuçları aşağıda verilmiştir.

- Üç aşamalı TMKT'ne ilişkin sonuçlar, öğrencilerin temel mekanik konusundaki kavram yanlışlarına sahip olduklarını göstermiştir. Deney grubunda seçilen kavram yanlışsı seçeneklerine ilişkin ortalama kesir 0,29, açıklamalarla desteklenen kavram yanlışlarına ilişkin ortalama kesir 0,26 ve sahip olunan kavram yanlışsına ilişkin ortalama kesir ise 0,15'dir. Kontrol grubunda bu kesirler sırası ile 0,33-0,27-0,18'dir. Bu durum üç aşamalı olan testin yapısının bir sonucudur. Öğrencilerin en fazla "*saklı kuvvet bir vuruş ile sağlanır (S1)*" ve "*ağır cisimler daha hızlı düşer (Y2)*" kavram yanlışlarına sahip oldukları belirlenmiştir. Öğrencilerin en az ise "*yerçekimi kütlenin doğal bir özelliğidir (Y1)*", "*aktif kuvvet tükenir (A4)*" ve "*hafif cisimler daha hızlı yere düşer (Y4)*" kavram yanlışlarına sahip olduğu saptanmıştır. Bu kavram yanlışlarına ilişkin kesirlerin her iki gruptaki ortalamaları 0,10 kesrinin altında olduğundan öğrenciler arasında pek yaygın olduğu söylenemez. Buna karşın diğer kavram yanlışlarına ilişkin ortalama kesirler 0,10 üzerindedir ve öğrenciler arasında yaygın olarak yer almaktadır.

Diğer yandan, deney grubunun 0,38'lik kesrinin bilimsel olmayan bilgiye sahip olduğu belirlenmiştir. Bu kesrin 0,15'lik kısmı kavram yanlışsından kaynaklanmaktadır. Kontrol grubundaki bilimsel olmayan bilgiye ilişkin kesir ise 0,44 olup, bunun 0,18'lik kısmı kavram yanlışsına aittir. Yanlış pozitif ve yanlış negatif cevaplara ait kesirler deney grubunda 0,05-0,02, kontrol grubunda ise 0,07-0,02'dir. Bilgi eksikliğine ilişkin kesirler deney ve kontrol grubunda sırası ile 0,39 ve 0,33'dür.

- Geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımına göre öğrenim gören kontrol grubundaki *öğrencilerin* kavram yanılgılarında anlamlı bir azalma olmuştur. Taksonomideki alt boyutlara göre yapılan analizler sonucunda ise, geleneksel laboratuvar yaklaşımı *kinematik, saklı kuvvet, aktif kuvvet ve yerçekimi* konusundaki kavram yanılgılarında son-test lehine anlamlı bir farklılık yaratmasına karşın *hareketin diğer etkileri* konusunda anlamlı bir fark yaratmamıştır. Bununla birlikte seçilen kavram yanılgısı seçenekleri bakımından kinematik ve desteklenen kavram yanılgısı bakımından ise hareketin diğer etkileri konusunda anlamlı bir farklılık ortaya çıkmamıştır.

Kontrol grubunda bilimsel olmayan bilgiye ilişkin kesirde 0,13'lük azalma bilimsel bilgi kesrinde ise 0,17'lik artış olmuştur. Bu değişikliğin 0,06'lık kısmı kavram yanılgısındaki azalma ile ilgilidir. Ortaya çıkan bu sonuç başarı puanlarındaki son-test lehine olan anlamlı artışla da kendini göstermiştir. Yanlış pozitif, yanlış negatif ve bilgi eksikliği kesirlerinde belirgin bir farklılık saptanmamıştır.

- Bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımına göre öğrenim gören deney grubundaki öğrencilerin de kavram yanılgılarında anlamlı bir azalma olmuştur. *Taksonomideki* alt boyutlara göre ise, *saklı kuvvet, aktif kuvvet, hareketin diğer etkileri* ve *yerçekimi* konusundaki kavram yanılgılarında son-test lehine anlamlı bir fark belirlenmesine karşın, *kinematik* konusunda anlamlı bir fark tespit edilememiştir. Yani bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımı kinematik konusundaki kavram yanılgılarının giderilmesinde etkili olmamıştır. Bununla birlikte seçilen kavram yanılgısı seçenekleri ve desteklenen kavram yanılgısı bakımından da yine kinematik konusunda anlamlı bir farklılık belirlenememiştir.

Deney grubunda bilimsel olmayan bilgi ve bilgi eksikliğine ilişkin kesirlerde sırası ile 0,16 ve 0,21'lik azalma, bilimsel bilgi kesrinde ise 0,41'lik artış olmuştur. Bu değişikliğin 0,08'lik kısmı kavram yanılgısındaki azalmadan kaynaklanmaktadır. Ortaya çıkan bu sonuç başarı puanlarındaki son-test

lehine olan anlamlı artışla da kendini belli etmiştir. Yanlış pozitif ve yanlış negatif kesirlerinde belirgin bir farklılık ortaya çıkmamıştır.

- Bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımına göre *öğrenim* gören öğrenciler, diğer gruptaki öğrencilere göre kavram yanlışları açısından daha fazla başarılı ve anlamlı bir performans sergilemiştir. Buna karşın, taksonomideki alt boyutlar dikkate alındığında ise, sadece *saklı kuvvet* konusundaki kavram yanlışlarında deney grubu lehine anlamlı azalma olmuştur. Bununla birlikte, seçilen kavram yanlışları seçenekleri bakımından sadece saklı kuvvet ve aktif kuvvet, desteklenen kavram yanlışları bakımından ise saklı kuvvet ve yerçekimi konularında da her iki grup arasında deney grubu lehine anlamlı bir fark tespit edilmiştir. Taksonomideki alt boyutlara göre her ne kadar bilgisayar simülasyonları ile desteklenmiş geleneksel doğrulama laboratuvar yaklaşımının yukarıda belirtilen bazı konularda anlamlı bir etkililik sağlamamasına karşın, bunlara ilişkin diğer istatistiksel veriler bu yaklaşımın diğerine nazaran kavramsal değişimi daha fazla canlandırdığına işaret etmiştir.

Araştırma sonunda, deney grubunun bilgi eksikliği ve bilimsel olmayan bilgi kesirlerinde kontrol grubuna kıyasla daha fazla azalma olmuştur. Bilimsel bilgi kesirlerinde ise deney grubunda daha fazla artış meydana gelmiştir. Bu sonuçlar başarı bakımından da deney grubu lehine anlamlı bir fark yaratmıştır. Yanlış pozitif ve yanlış negatif kesirlerinde ise her iki grup arasında bir farklılık ortaya çıkmamıştır.

Araştırmada üç aşamalı testin yapısına bağlı olarak değişen istatistik değerler Kutluay (2005), Peşman (2005) ve Türker (2005) çalışmalarında da benzer şekilde değişmiştir. Bu çalışmalardaki birinci-ikinci-üçüncü aşamalara göre kavram yanlışları ortalama kesirleri ile ilgili veriler tablo 4.1.'de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi ilk aşama ile son aşama arasında belirgin farklılıklar vardır. Üç aşamalı testlerin kullanılması gerçek kavram yanlışlarının belirlenebilmesi açısından önemlidir.

Tablo 4.1. Aşamalara Bağlı Olarak Kavram Yanılgısı Kesirlerinin Değişimi

	Kutluay,2005	Peşman,2005	Türker,2005	Bu çalışmada	
				Deney	Kontrol
Birinci aşama	0,19	0,24	0,41	0,29	0,33
İkinci aşama	0,13	0,14	0,27	0,26	0,27
Üçüncü aşama	0,10	0,09	0,21	0,15	0,18

Tespit edilen kavram yanılgıları ile ilgili bulunan sonuçlar ülkemizde önceden yapılan benzer bazı araştırma sonuçlarıyla uyum halindedir. Yıldız ve Büyükkasap (2006), Eryılmaz ve Tatlı (2000), Temizkan (2003), Türker (2005) ve Güneş ve Kuru (2005) çalışmalarında saklı kuvvet konusunda yaygın olarak kabul edilebilecek kavram yanılgıları tespit edilmiştir. Birçok çalışmada değişik yaklaşımlar kullanılarak kavram yanılgılarının giderilmesi amaçlanmıştır. Bu yaklaşımlar araştırmacıları kimi zaman istenilen amaçlara ulaştırmış kimi zaman ise ulaştırmamıştır. Bu araştırmaya ilişkin veriler simülasyon destekli laboratuvar yaklaşımının diğerine nazaran daha fazla verimli olduğuna işaret etmiştir. Jimoyiannis ve Komis (2001), Tunca (2003), Zietsman ve Hewson (1986) Şengel vd. (2002), Zacharia ve Anderson (2003), Ronen ve Eliahu (2000), Demirci (2008) yaptıkları benzer çalışmalarda, simülasyonların kavramsal değişime ilişkin pozitif etkilerini ortaya koymuştur.

4.2. Öneriler

Araştırma sonuçlarına dayanılarak kavram yanılgılarının belirlenmesi ve giderilmesine ilişkin aşağıda belirtilen önerilerde bulunulmuştur.

Öneri-1

Özellikle büyük öğrenci grupları ile yapılacak olan kavram yanılgılarına odaklanmış araştırmalarda, çoktan seçmeli testlerin güvenilir verileri yansıtmayacağı açıktır. Önemli olan, öğrencinin gerçekten belirlenmek istenen kavram yanılgısına sahip olup-olmadığıdır.

Bununla birlikte her yanlış cevabın kavram yanılgısı olarak değerlendirilmemesi gerekir. Özellikle çoktan seçmeli testlerde her yanlış kavram yanılgısı olarak değerlendirilir. Kavram yanılgılarını yanlış olarak kabul etmek doğru olabilir fakat her yanlış kavram yanılgısı olarak değerlendirilmemelidir. Bunların yanı sıra, kavram yanılgılarını teşhis amacıyla geliştirilen testlerde kavram yanılgısı seçeneklerinden elde edilen verilerin anlamlı olduğu gözden kaçırılmamalıdır. Aynı şekilde gerçek bilimsel bilgiye dayanan başarı performanslarının belirlenmesinde de üç aşamalı testler daha doğru sonuçlar vermektedir. Çoktan seçmeli testlerde başarı performanslarını doğru cevaplar belirlemektedir. Fakat bu testlerde şans faktörü ve yanlış nedene dayalı doğru cevapların varlığı ihmal edilmektedir. Buna karşın, başarının belirlenmesinde üç aşamalı testlerin kullanılması cevapların daha ayrıntılı analiz edilmesine imkân verdiği için gerçek bilimsel bilginin şans faktörü, yanlış nedene dayalı doğru cevaplar ve bilgi eksikliğinden ayırt edilmesini sağlayabilmektedir.

Öneri-2

Geleneksel öğretim yaklaşımlarının diğer yaklaşımlara nazaran kavramsal değişimi sağlamada daha az verimli olması birçok çalışmada olduğu gibi bu çalışmada da ortaya çıkmıştır. Öğretim ortamlarının yeni yaklaşımlar çerçevesinde zenginleştirilmesi kavramsal değişimi bir üst basamağa taşıyacağı bir gerçektir. Eğitim teknolojilerinin sınıflara yansımaya bağlı olarak özellikle bilgisayarlar gerek bilgi kaynaklarına ulaşmada gerekse öğretim sürecinin etkinliğinin artırılmasında anlamlı katkılar sağlayabilmektedir.

Özellikle bilgisayar simülasyonlarının güçlü modelleme özellikleri kavramların daha kolay anlaşılmasına yardım edebilmektedir. Fakat eğitimsel değerine bağlı olarak bilgisayar simülasyonları, bilgisayarların sınıflardaki kurtarıcısı olarak algılanmamalıdır. Çünkü bilgisayar simülasyonlarının etkililiği ve verimliliği ile ilgili genel bir kanıt yoktur. Bazı çalışmalar da olumlu etkiler ortaya çıkmasına karşın, bazı çalışmalarda ise bilgisayar simülasyonlarının öğretimsel olarak bir avantajı bulunamamıştır.

Bilgisayar simülasyonlarının kullanılmasındaki asıl önemli amaç öğretim açısından istenilen etkiye ulaşabilmektir. Simülasyonların etkin kullanımı yönlendirme ve takip gerektirir. Bu nedenle bilgisayar simülasyonları öğretim süreci içerisinde iyi hazırlanmış bir program çerçevesinde dikkatlice kullanılmalıdır. Ayrıca, öğrencilerin simülasyonların kuralları ve özellikleri ile ilgili bir rehber ihtiyacı vardır. Simülasyonlar tek başına bir öğrenme aracı değildir. Aksi durumda araştırma sonuçları problem haline gelebilir. Ayrıca sınıfların kalabalık olması simülasyonların etkili bir biçimde kullanılmasını engelleyebilir. Çünkü birbirini izleyen aktiviteleri öğrencilerin sürekli takip etmelerini sağlamak öğretmenler için güç olabilir.

Dikkat edilmesi gereken husus da, simülasyonların tek başına değil herhangi bir amaç için destek olarak kullanılmasıdır. Pozitif etkinin ortaya çıktığı çalışmalarda simülasyonlar ancak bu durumda işlerlik kazanabilmiştir. Örneğin Carlsen ve Andre (1992), araştırmaların bir parçası olan ve tek başına simülasyonların kullanıldığı grupta istenilen amaçların gerçekleşemediğini ifade etmiştir. Bunun yanı sıra, Tao ve Gunstone'nun (1999) mekanik, Steinberg'in (2000) hava direnci konusundaki araştırmalarında simülasyonların tek başına kullanılmasına bağlı olarak beklenen etki ortaya çıkmamıştır.

4.3. Diğer Araştırmacılara Öneriler

Bu doğrultuda yeni yapılacak araştırmalara fikir vermesi bakımından aşağıdaki önerilerde bulunulmuştur.

- Araştırmada simülasyonlar laboratuvar uygulamaları sonunda bir destek olarak kullanılmıştır. Bunun dışında, simülasyonların derslerden önce veya derse paralel olarak kullanılmasının kavramsal değişime etkisi araştırılabilir.
- Araştırmadaki yaklaşım, elektrik, manyetizma, termodinamik gibi diğer fizik konularında gerek laboratuvar gerekse teorik derslerde kullanılarak kavramsal değişime ilişkin etkiliği incelenebilir.

KAYNAKÇA

- AGUIRRE, J. M. (1988). Detailed Investigations With A Small Number of Students Can Student Preconceptions About Vector Kinematics, **Physics Teacher**, 26, 212-216.
- AKKÖSE, H. (2005). **Farklı Başarı Düzeyindeki Öğrencilerin Çözeltiler Konusundaki Kavram Yanılgılarını Gidermede Kavramsal Değişim Yaklaşımının Etkisi**, Yüksek Lisans Tezi. KTU, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Bilim Dalı.
- AKPAN, J. P. (2002). Which Comes First: Computer Simulation of Dissection or a Traditional Laboratory Practical Method of Dissection, **Electronic Journal of Science Education**, Vol. 6, No. 4, <www.unr.edu/homepage/crowther/ejse/akpan2.pdf> (2007, Haziran).
- A MIAN, S. and ZAIDI, S. K. (2002). Use of Computer Simulation for Teaching Students, **Conference ISCON** apos; 02, Proceedings. IEEE Volume 1, Issue, 16-17 p. 175-178, vol.1.
- BARBETA, V. B. and BRANCO, A. C. (1998). Use of Simulation Software for Physics Teaching, **International Conference On Engineering Education**, Icee-98 in Rio de Janeiro, <www.ctc.puc-rio.br/icee-98/Icee/papers/314.pdf> (2007, Haziran).
- BAYRAKTAR, Ş. (2000). **A Meta Analysis Study On Effectiveness of Computer Assisted Instruction in Science Education**, Doctor of Philosophy, A dissertation Present to The Faculty of the College Education University of Ohio, Colombia.
- BERNSTEIN, L. J. SCHEERHORN, S. and RITTER, S. (2002). Using Simulations and Collaborative Teaching to Enhance Introductory Courses, **College Teaching**, vol 50, no 1, p.9-12.
- BORGES, A. T. and GILBERT, J. K. (1999). Mental Models of Electricity, **International Journal of Science Education**, Vol. 21, No.1, p.95–117.

- BOURQUE, D. R. and CARLSON, G. R. (1987). Hands-On Versus Computer Simulation Methods in Chemistry, **Journal of Chemical Education**, 64(3), 232-234.
- BRIDGES, R. (1998). Energy Conservation and Restitution in Inelastic Collisions: A Simple Model, **Physics Education**, 33(5).
- BRNA, P. (1987). Confronting Dynamics Misconceptions, **Instructional Science**, v16 n4 p.351-79
- BROWN, D. E. (1989). Students' Concept of Force: The Importance of Understanding Newton's Third Law, **Physics Education**, vol 24.
- BUCKLEY, C. B. BOULTER, J. K. and GILBERT, K. J. (1997). **Towards a Typology of Models for Science Education**, In J. K. Gilbert (Eds), Exploring Models and Modeling in Science and Technology. New Bulmershe Papers.
- BUTLIN, C. (1998) Modelling Ultrasound Scanning in Schools, Science Education Group, University of York, UK, **Physics Education**, 33(6).
- BÜYÜKÖZTÜRK, Ş. (2008). **Sosyal Bilimler için Veri Analizi El Kitabı**, Pegem, Ankara
- CARAMAZZA, A. MCCLOSKEY, M. and GREEN, B. (1981). Naive Beliefs in Sophisticated' Subjects: Misconceptions About Trajectories of Objects, **Cognition**, 9, 117-123.
- CARLSEN, D.D. and ANDRE, T. (1992). Use of A Microcomputer Simulation and Conceptual Change Text to Overcome Students Preconceptions About Electric Circuits. **Journal of Computer-Based Instruction**, 19, 105–109.
- CARTIER, J., RUDOLPH, J. and STEWART, J. (2001). **The Nature and Structure of Scientific Models**, The National Center for Improving Student Learning and Achievement in Mathematics and Science (NCISLA).
- CHOI, B. and GENNARO, E. (1987). The Effectiveness of Using Computer Simulated Experiments on Junior High Students' Understanding of The

- Volume Displacement Concept, **Journal of Research in Science Teaching**, 24(6), 539-552.
- CLEMENT, J. (2000). Model Based Learning as a Key Research Area for Science Education, **International Journal of Science Education**, Vol. 22, No. 9, p.1041-1053.
- CLEMENT, J. (1993). Using Bridging Analogies and Anchoring Intuitions to Deal With Students' Preconceptions In Physics, **Journal of Research in Science Teaching**, 30:10, 1241-1257.
- COLL, R. K. ve TREAGUST, D. F. (2001). Learners' Mental Models of Chemical Bonding, **Research in Science Education**, Vol.31, p.357-382.
- COLL, R. K. ve TREAGUST, D. F. (2003). Learners' Mental Models of Metallic Bonding: A Cross-Age Study, **Science Education**, Vol 87, Issue 5, p.685-707.
- COSTELLO, W. (2001). **Computer-Based Simulations as Learning Tools: Changing Student Mental Models of Real-World Dynamical Systems, Creative Learning Exchange**, <[www.clexchange.org/ftp/documents/Implementation/IM2001-04 Changing StuMentMod.pdf](http://www.clexchange.org/ftp/documents/Implementation/IM2001-04%20Changing%20StuMentMod.pdf)> (2007, Haziran).
- DAVIES, J. H. C. (2002). Student Engagement With Simulations: A Case Study, **Computers and Education**, 39: 271-282.
- DE JONG, T. and VAN JOOLINGEN, W. R. (1998). Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains, **Review of Educational Research**, v.68 n.2 p.179-201, <<http://tecfa.unige.ch/tecfa/teaching/aei/papiers/deJong.pdf>> (2007, Haziran).
- DEL RE, G. (2000). Models and Analogies in Science. **International Journal of the Philosophy of Chemistry**, 6, 3-12.
- DEMİRCİ, N. (2008). **Web Tabanlı Fizik Programını Kullanarak Öğrencilerin Kuvvet ve Hareket Konularındaki Başarı ve Kavram Yanılgıları Üzerine Bir Çalışma**, <http://w3.balikesir.edu.tr/~demirci/bilimegtim.pdf> (Mayıs, 2008).

- DOSTAL, J. A. (2005). **Student Concepts of Gravity**, A Thesis Submitted to The Graduate Faculty in Partial Fulfillment of The Requirements for The Degree of Master of Science, Iowa State University.
- ERYILMAZ, A. (2002). Effects of Conceptual Assignments and Conceptual Change Discussions an Students' Misconceptions and Achievement Regarding Force and Motion, **Journal of Research In Science Teaching**, vol. 39, no. 10, pp. 1001–1015.
- ERYILMAZ, A. ve TATLI, A. (2000). ODTÜ Öğrencilerinin Mekanik Konusundaki Kavram Yanılgıları, **Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi**, 18, 93–98.
- ETKINA, E. WARREN, A. and GENTILE, M. (2006). The Role of Models in Physics Instruction, **The Physics Teacher**, Vol. 44, p.34-39.
- FRANCO, C. DE BARROS, L. COLINVAUX, D. KRAPAS, S. and ALVES, F. (1999). From Scientists' and Inventors' Minds to Some Scientific and Technological Products: Relationships Between Theories, Models, Mental Models and Conceptions, **International Journal of Science Education**, Vol. 21, No. 3, p.277–291.
- GALILI, I. and BAR, V. (1992). Motion Implies Force: Where to Expect Vestiges of The Misconception?, **International Journal of Science Education**, 14:1, 63-81.
- GEBAN, O. ASKAR, P. and OZKAN, I. (1992). Effects of Computer Simulations And Problem-Solving Approaches on High School Students, **Journal of Educational Research**, 86(1), 5-10.
- GEBAN, Ö. ve BİLGİN, İ. (2001). Benzeşim (Analoji) Yöntemi Kullanılarak Lise 2. Sınıf Öğrencilerinin Kimyasal Denge Konusundaki Kavram Yanılgılarının Giderilmesi, **Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi**, 20:26 -32.
- GEBAN, Ö. ERTEPINAR, H. TOPAL, T. ve ÖNAL, M. A. (1999). Asit-Baz Konusu ve Benzeşme Yöntemi, **III. Ulusal Fen Bilimleri Sempozyumu**, 176-186, Trabzon.

- GEBAN, Ö. ÖZDEN, M. Y. YILMAZ, Ö. ve TEKKAYA, C. (1999). Lise I. Sınıf Öğrencilerinin Hücre Bölünmesi Ünitesindeki Kavram Yanılgılarının Tespiti ve Giderilmesi, **III. Ulusal Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu**, 23-25, Trabzon.
- GAITHER, P. V. (Submitted 2000). **Interactive Software as a Tool for Increasing Student Comprehension of Basic Chemistry Concepts**, Action Research Projects: From Concept to Practice: Beginning Teachers' Reflections on the Education of Linguistically-Diverse Students, <<http://gse.gmu.edu/research/lmtip/arp/vol2/>> (2007, Haziran).
- GILBERT, J. K. (1997). **Models in Science and Science Education**, In J. K. Gilbert (Eds). Exploring Models and Modeling in Science and Technology, New Bulmershe Papers.
- GILBERT, J. K. BOULTER, C. and RUTHERFORD, M. (1998). Models in Explanations, Part 1: Horses for courses?, **International Journal of Science Education**, 20(1), 83–97.
- GILBERT, J. K., BOULTER, C. J. and ELMER, R. (2000). **Positioning Models in Science Education and in Design And Technology Education**. In J. K. Gilbert and C. J. Boulter (Eds.), Developing Models in Science Education. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- GILBERT, J. K. ve IRETON, S. W. (2003). **Understanding Models in Earth and Space Science**, Arlington, Nsta Press.
- GILBERT, J. K. (2004). Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education, **International Journal of Science and Mathematics Education**, 2: 115–130.
- GILBERT, J. K. WATTS, D. M. and OSBORNE, R. J. (1982). Students' Conceptions of Ideas in Mechanics, **Physics Education**, vol 17.
- GOBERT, J. D. and BUCKLEY, B. C. (2000). Introduction to Model-Based Teaching and Learning in Science Education, **International Journal of Science Education**, Vol. 22, No. 9, 891- 894.

- GORSKY, P. and FINEGOLD, M. (1992). Using computer simulations to restructure students' conceptions of force. **Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching**, 11, 163-178.
- GRAHAM, T. and ROWLANDS, S. (2000). Using Computer Software in The Teaching of Mechanics, **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, Online Publication Date 2000, <http://www.informaworld.com/smpp/ title~content =t713736815>.
- GRECA, I. M. and MOREIRA, M. A. (2000). Mental Models, Conceptual Models and Modelling, **International Journal of Science Education**, 22, 1–11.
- GRECA, I. M ve MOREIRA, M. A. (2002). Mental, Physical, and Mathematical Models in the Teaching and Learning of Physics, **Science Education**, Vol. 86, Issue 1, p. 106 – 121.
- GREDLER, M. E. (2001). **Educational Games and Simulations. The Handbook of Research for Educational Communications and Technology** (chapter 17). Retrieved September 16, 2002, <http://www.aect.org/Intranet/Publications/ edtech/17/index.html>
- GROSSLIGHT, L. UNGER, C. JAY, E. and SMITH, C. L. (1991). Understanding Models and Their Use in Science: Conceptions of Middle and High School Students And Experts, **Journal of Research in Science Teaching**, 28, 799-822.
- GUNSTONE, R. F. and WHITE, R. (1981). Understanding of Gravity, **Science Education**, 65, 291-299.
- GÜLBAHAR, Y. (2007). **Simülasyonlar**, www.baskent.edu.tr/~gulbahar/dersler/oto207/bde-61.ppt
- GÜNEŞ, B. GÜLÇİÇEK, Ç. ve BAĞCI, N. (2004). Eğitim Fakültelerindeki Fen Öğreticilerinin Model ve Modelleme Hakkındaki Görüşlerinin İncelenmesi, **Türk Fen Eğitimi Dergisi**. sayı 1, <<http://www.tused.org>> (2006, Haziran).
- GÜLÇİÇEK, Ç. (2003). **Bilimsel Modeller. Konu Alanı Ders Kitabı İnceleme Kılavuzu: Fizik**, Bölüm 5, Gazi Kitabevi.

- HALLOUN, I. (2005). **Inventory Basic Mechanics Concept**, <<http://cresmet.asu.edu/>> (2005, Mayıs).
- HALLOUN, I. (1996). Schematic Modelling for Meaningful Learning of Physics, **Journal of Research in Science Teaching**, 33, p.1019-1041.
- HALLOUN, I. HAKE, R. MOSCA, E. and HESTENES, D. (1995). **Force Concept Inventory** (Revised 1995), <<http://modeling.asu.edu/R&E/Research.html>> (2004, Ekim).
- HALLOUN, I. HESTENES, D. (1985). The Initial Knowledge State of College Physics Students, **American Journal of Physics**, 53 (11), 1043-1055 (1985).
- HALLOUN, I. A. and HESTENES, D. (1985). Common-Sense Concepts About Motion, **American Journal of Physics**, 53, 1056-1065.
- HARRISON, A. G. (2001). How do Teachers and Textbook Writers Model Scientific Ideas for Students?, **Research in Science Education**, 31: 401–435.
- HARRISON, A. G. and TREAGUST, DAVID F. (2000). A Typology of School Science Models, **International Journal of Science Education**, Vol. 22, No. 9, p.1011- 1026.
- HASAN, S., BAGAYOKO, D. AND KELLEY, E. L. (1999). Misconceptions and The Certainty of Response Index (CRI), **Physics Education**, 34(5).
- HESTENES, D. (1987). Toward A Modeling Theory of Physics Instruction, **American Journal of Physics**, 55, 440-454. <<http://modelingnts.la.asu.edu>> (2007, Haziran).
- HESTENES, D. (1992). Modeling Games in the Newtonian World, **American Journal of Physics**, 60: 732-748. <<http://modelingnts.la.asu.edu>> (2007, Haziran).
- HESTENES, D. (1995). **Modeling Software for Learning and Doing Physics. In: Thinking Physics For Teaching**, Ed. Carlo Bernardini Et. Al, 25-65. Plenum Press. <<http://modelingnts.la.asu.edu>> (2007, Haziran).

- HESTENES, D. (1996). **Modeling Methodology For Physics Teachers. Proceedings of the International Conference on Undergraduate Physics Education**, College Park, <www.brynmawr.edu/mspgp/Modeling/ModelingMethPhys Teachers> (2007, Haziran).
- HESTENES, D. (2006). Notes for a Modeling Theory of Science, Cognition and Instruction, **Proceedings of the 2006 GIREP Conference: Modeling in Physics and Physics Education**, Amsterdam, <http://modelingnts.la.asu.edu> (2007, Haziran).
- HESTENES, D and WELLS, M. (1992). Mechanics Baseline Test, **Physics Teacher**, p. 159-166. <<http://modeling.asu.edu/R&E/Research.html> > (2004, Ekim).
- HESTENES, D. WELLS, M. and SWACKHAMER, G. (1992). Force Concept Inventory, **Physics Teacher**, 30, 141-158, <<http://modeling.asu.edu/R&E/Research.html> > (2004, Ekim)
- HSU, Y.S. and THOMAS, R. A. (2002). Research Report The Impacts of a Web-Aided Instructional Simulation on Science Learning, **International Journal of Science Education**, Vol. 24, No. 9, 955–979.
- HUPPERT, J. and LAZAROWITZ, R. (2002). Computer Simulations in The High School: Students' Cognitive Stages, Science Process Skills and Academic Achievement in Microbiology, **International Journal of Science Education**, Vol. 24, No. 8, 803–821.
- İNAN, A. (2007). **Simulink Temel Seviye Semineri** (Elektrik Mühendisliği Bölümü) www.yildiz.edu.tr/~inan (2007, Haziran).
- JIMOYIANNIS, A. and KOMIS, V. (2001). Computer Simulations in Physics Teaching and Learning: A Case Study On Students' Understanding of Trajectory Motion, **Computers and Education**, 36:183-204.
- JIMOYIANNIS, A. and KOMIS, V. (2003). Investigating Greek Students' Ideas About Forces and Motion, **Research in Science Education**, 33: 375–392.

- JONASSEN, D. H. and STROBEL, S. (2006). **Modeling for Meaningful Learning**, D. Hung and M.S. Khine (eds.), Engaged Learning with Emerging Technologies, 1-27.
- JUSTI, S. R. and GILBERT, K. J. (2002). Modelling Teachers' View on The Nature of Modelling and Implications for The Education of Modellers, **International Journal of Science Education**, Vol. 24, No. 4, 369-387.
- KANGASSALO, M. (1994). Children's Independent Exploration of A Natural Phenomenon By Using A Pictorial Computer-Based Simulation, **Journal of Computing in Childhood Education**, 5(3/4), 285-297.
- KIM, J.H. PARK, S.T. LEE, H. and LEE, H. (2005). **Correcting Misconception Using Unrealistic Virtual Reality Simulation in Physics Education**, Recent Research Developments in Learning Technologies, 1, <www.formatex.org/micte2005/311.pdf> (2007, Haziran).
- KINZER, C. K. SHERWOOD, R. D. and LOOFBOURROW, M. C. (1989). Simulation Software vs. Expository Text: A Comparison of Retention Across Two Instructional Tools, **Reading Research and Instruction**, 28(2), 41-49.
- KORKMAZ, Ö. (2007). **Bilgisayar Destekli Eğitim Türlerine Genel Bakış**, Ders Notları, <<http://w3.gazi.edu.tr/web/ozgen/dersnotlari/10.ppt>> (2007, Haziran).
- KUTLUAY, Y. (2005). **Diagnosis of Eleventh Grade Students' Misconceptions About Geometric Optic By A Three-Tier Test**, A Thesis Submitted To The Graduate School of Natural And Applied Sciences of The Middle East Technical University, In Partial Fulfillment of The Requirements For The Degree of Master of Science In The Department of Secondary Science And Mathematics Education.
- KURT, Y. M. (2000). **A Comparison of Students' Product Creativity Using A Computer Simulation Activity Versus A Hands-On Activity In Technology Education**, in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Curriculum and Instruction, Dissertation

Submitted to The Faculty of The Virginia Polytechnic Institute and State University.

KURU, İ. VE GÜNEŞ, B. (2005). Lise 2. Sınıf Öğrencilerinin Kuvvet Konusundaki Kavram Yanılgıları, **Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi**, Cilt 25, Sayı 2, 1-17.

LAWS, P. SOKOLOFF, D. and THORNTON, R. (1999). Promoting Active Learning Using the Results of Physics Education Research, **Uniserve Science News**, <www.science.uniserve.edu.au> (2007, Haziran).

LEVIN, J.A. and WAUGH, M. (1988). Educational Simulations, Tools, Games, and Microworlds: Computer-Based Environments For Learning, **International Journal of Educational Research**, 12, 71-79.

LEWIS, E. L. STERN, J. L. and LINN, M. C. (1993). The Effect of Computer Simulations On Introductory Thermodynamics Understanding, **Educational Technology**, 33(1), 445-458.

LINGARD, M. (2003). Using Spreadsheet Modelling to Teach About Feedback in Physics, **Physics Education**, 38 (5).

MARIONI, C. (1989). Aspects Of Students' Understanding in Classroom Settings (Age 10-17): Case Study on Motion and Inertia, **Physics Education**, vol 24.

MASHHADI, A. **Virtual Environments and Science Education: Challenges and Pitfalls of a Culture of Simulation**, National Institute of Education, Nanyang Technological University, <Singapore http://www.moe.gov.sg/edumall/mpite/edtech/papers/b3_1.pdf> (2007, Haziran).

MAZUR, E. (2004 Eylül). **Peer Instruction: Concept Tests-Mechanics**, <http://galileo.harvard.edu> (2004, Ekim).

MCCLOSKEY, M. CARAMAZZA, A. and GREEN, B. (1980). Curvilinear Motion in The Absence Of External Forces: Naive Beliefs About The Motion of Objects, **Science** 210, 1139-1141.

MCDERMOTT, L. C. And TROWBRIDGE, D. E. (1981). Investigation of Student Understanding of The Concept of Acceleration in One Dimension, **American Journal of Physics**, 49, 242-253.

- MIHAS, P. (2003). A Computer Simulation to Help in Teaching Induction Phenomena, **Physics Education**, 38 (1).
- MONAGHAN, J. M. and CLEMENT, J. (2000). Algorithms, Visualization, and Mental Models: High School Students' Interactions with a Relative Motion Simulation, **Journal of Science Education and Technology**, v9, n4, p.311-25.
- NAIDOO, N. (2004). **The Use of Computers For Learning in Outcomes-Based Education In Primary Schools In The Lenasia District**, Submitted In Partial Fulfilment of The Requirements For The Degree Magister, Educationis Faculty of Education And Nursing At The Rand, Afrikaans University.
- NANCHEVA, N. and STOYANOV, S. (2005). Simulations Laboratory in Physics Distance Education, **Proseeding of the 10 th Workshop on Multimedia in Physics Teaching and Learning** (EPS - MPTL 10), University of Rousse, Bulgaria.
- ÖRNEK, F. (2008). Models in Science Education: Applications of Models in Learning and Teaching Science, **International Journal of Environmental and Science Education**, 3 (2), 35 – 45.
- ÖZDENER, N. ve SAYIN, H. (2004). Macromedia Flash Eğitimi Amacı İle Geliştirilen Bir Eğitsel Yazılımın Bütünsel ve Kullanılan Yöntemler Açısından Değerlendirilmesi, **The Turkish Online Journal of Educational Technology-Tojet**, Issn: 1303-6521 Volume 3, Issue 2, Article 24.
- PALMER, D. (2001). Students' Alternative Conceptions and Scientifically Acceptable Conceptions About Gravity, **International Journal of Science Education**, vol 23, no 7, 691- 706
- PALMER, D. H. and FLANAGAN, R. B. (1997). Readiness to Change The Conception That "Motion-Implies-Force": A Comparison of 12-Year-Old and 16-Year-Old Students, **Science Education**, vol 81 no 3 p. 317-31.

- PALMIERI, P. (2003). Mental Models in Galileo's Early Mathematization of Nature, **Studies of History Philosophy Science**, 34, p.229–264.
- PARK, J. and HAN, S. (2002). Using Deductive Reasoning to Promote The Change of Students' Conceptions About Force And Motion, **International Journal of Science Education**, vol 24, no. 6, 593–609.
- PICCIARELLI, V. STELLA, R. DI GENNARO, M. and DE LEONARDIST, L. (1990). An Experimental Study On The Misunderstanding of Velocity By University Students and The Effect of Remedial Activity Based on The Model of Conceptual Change, **European Journal of Physics**, 11, 268-274.
- PEŞMAN, H. (2005). **Development of A Three-Tier Test To Assess Ninth Grade Students' Misconceptions About Simple Electric Circuits**, A Thesis Submitted To The Graduate School of Natural And Applied Sciences of The Middle East Technical University, In Partial Fulfillment of The Requirements For The Degree of Master of Science In The Department of Secondary Science And Mathematics Education.
- PYE, J. H. (1998). **Computer-Based Instruction in Middle School Social Studies Classrooms in Missouri**, Doctor of Philosophy, A dissertation Present to The Faculty of the Graduate School University of Missouri, Colombia.
- RICHE, R. D. (2000). Strategies for Assisting Students Overcome Their Misconceptions in High School Physics.“ **Memorial University of Newfoundland Education**, 639. <<http://www.bishops.k12.nf.ca/rriche/pma/ed6390/paper.html>> (2007, Haziran).
- ROACH, R. (2003). Penn State Reseacher Touts Simulation Software As Effective Teaching Tool, **Black Issues in Higher Education**; 14, 20, 13 Academic Research Library, pg. 30.
- RONEN, M. and ELIAHU, M. (2000). Simulation A Bridge Between Theory and Reality: The Case of Electric Circuits, **Journal of Computer Assisted Learning**, 16, 14-26.

- ROSENQUIST, M. L. and MCDERMOTT, L. C. (1987). A Conceptual Approach to Teaching Kinematics, **American Journal of Physics**, 55, 407-415.
- RUSTEN, E. (2007, Haziran) Digital Opportunities For Development: Using Computers in Schools, Chapter 4 Model-of-Use, **A Sourcebook on Access and Applications: Models of Use & Case Studies**, <http://learnlink.aed.org/Publications/Sourcebook/home.htm>.
- SCAIFE, J. and DOVE, C. (2000). Yes-But How Do Batteries Get Their Push?: An Explanatory Model for Teaching at Key Stage 3, **Physics Education**. 35(5).
- SINGH, C. and ROSENGRANT, D. (2003). Multiple-Choice Test of Energy and Momentum Concepts, **American Journal of Physics**, Vol.71 No.6 p.607-17.
- STEINBERG, R. N. (2000). Computers in Teaching Science: To Simulate or Not To Simulate?, **Per Supplement to the American Journal of Physics**, 68, S37-S41.
- STRANGMAN, N and HALL, T. (2003). **National Center Accessing The General Curriculum:Virtual Reality/Computer Simulations**. Curriculum Enhancement, <<http://www.cast.org/system/galleries/download/ncac/ncacVR.pdf>> (2007, Haziran).
- STYLIANIDOU, F. BOOHAN, R. And OGBORN, J. (2005). Science Teachers' Transformations of the Use of Computer Modeling in the Classroom: Using Research to Inform Training, **Science Education**, vol 89, no 1, p 56-70.
- SWAAK, J., JOOLINGEN, V. R. W. ve JONG, De T. (1998). Supporting Simulation Based Learning: The Effects of Model Progression and Assignments on Definitional and Intuitive Knowledge, **Learning and Instruction**, 8:235-252.
- ŞAHİN, O. (2002). **Bilgisayar Destekli Eğitimde Simulasyonlar**, Gazi Eğitim Fakültesi, Fizik Öğretmenliği, Fizikte Özel Konular Dersi Bitirme Projesi.
- ŞENGEL, E. ÖZDEN, M.Y. ve GEBAN, Ö. (2002, Mart). **Bilgisayar Simulasyonlu Deneylerin Lise Öğrencilerinin Yerdeğiştirme ve Hız Kavramlarını Anlamadaki Etkisi**, www.fedu.metu.edu.tr/ufbmek-5/b_kitabi/PDF/Teknoloji/Bildiri/t330.pdf

- TABER, K. S. (2003). Mediating Mental Models of Metals: Acknowledging the Priority of the Learner's Prior Learning. **Science Education**, Vol 87, Issue 5, Pages 732-758.
- TAO, P. K. and GUNSTONE, R. F. (1999). The Process of Conceptual Change in Force and Motion During Computer-Supported Physics Instruction, **Journal of Research in Science Teaching**, Vol. 36, No. 7, p. 859–882.
- TAO, P.K. and GUNSTONE, R. F. (1999). Conceptual Change in Science Through Collaborative Learning at The Computer, **International Journal of Science Education**, Vol. 21, No. 1, 39–57.
- TEKDAL, M. (2002). Etkileşimli Fizik Simülasyonlarının Geliştirilmesi ve Etkin Kullanılması, **V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi**, ODTÜ, Ankara, <http://www.fedu.metu.edu.tr/ufbmek-5/b_kitabi/PDF/Fizik/Bildiri/t135d.pdf> (2007, Haziran).
- TEMİZKAN, D. (2003). **The Effect of Gender on Different Categories of Students' Misconceptions About Force And Motion**, A Thesis Submitted To The Graduate School of Natural And Applied Sciences of The Middle East Technical University, In Partial Fulfillment of The Requirements For The Degree of Master of Science In The Department of Secondary Science And Mathematics Education.
- TERRY, C. JONES, G. and HURFORD, W. (1985). Children's Conceptual Understanding of Forces And Equilibrium, **Physics Education**, vol 20.
- THORNTON, R. K. and SOKOLOFF, D. R. (1990). Learning Motion Concepts Using Real-Time Microcomputer-Based Laboratory Tools, **American Journal of Physics**, 58, 858-867.
- THORNTON, R. K. and SOKOLOFF, D. R. (1998) Assessing Student Learning of Newton's Laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula, **American Journal of Physics**, 66(4), p. 338-351. (Türkçe'ye çeviri: Ç. Gülçiçek ve U. Kanlı, 2006)

- TOPÇU, A. (2005). **The Effect of The Web Based Asynchronous Teaching Method Course on The Pre-Service Teachers' Achievement, Metacognition, and Attitudes Towards Computer, Www and Web Based Coursea**, Thesis Submitted to The Graduate School of Natural And Applied Sciences of Middle East Technical University By In Partial Fulfillment of The Requirements For The Degree of Doctor of Philosophy In Secondary Science And Mathematics Education.
- TREAGUST, D. F. CHITTLEBOROUGH, G. and MAMIALA, T. L. (2002). Students' Understanding of The Role of Scientific Models in Learning Science, **International Journal of Science Education**, Vol. 24, No. 4, p.357-368.
- TREGIDGO, D. and RATCLIFFE, M. (2000). The Use of Modeling for Improving Pupils' Learning About Cells, **School Science Review**, 81, 53-59.
- TROWBRIDGE, D. E. and MCDERMOTT, L. C. (1980). Investigation of Student Understanding of The Concept of Velocity in One Dimension, **American Journal of Physics**, 48, 1020-1028.
- TRUMPER, R. (1996). A Cross-College Age Study About Physics Students' Conceptions of Force in Pre-Service Training For High School Teachers, **Physics Education**, 31:4, 227-236.
- TUNCA, E. (2003). **Fizik Öğrenimi için Programlanabilir Simülasyon Aracı Geliştirilmesi ve Değerlendirilmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Orta Öğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü, ODTÜ.
- TÜRKER, F. (2005). **Developing a Three Tire Test to Assess High School Students' Misconceptions Concerning Force and Motion**, A Thesis Submitted To The Graduate School of Natural And Applied Sciences of The Middle East Technical University, In Partial Fulfillment of The Requirements For The Degree of Master of Science In The Department of Secondary Science And Mathematics Education.

- TÜRKMEN, H. ve USTA, E. (2007). The Role of Learning Cycle Approach Overcoming Misconceptions in Science, **Kastamonu Eğitim Dergisi**, 491-500, Vol:15 No:2.
- ÜNAL, G. ve ERGİN, Ö. (2006). Fen Eğitimi ve Modeller, **Milli Eğitim Dergisi**, Sayı 171.
- VAN DIJK, I.M.A.W. VAN OERS, B. and TERWEL, J. (2003). Providing or Designing? Constructing Models in Primary Maths Education, **Learning and Instruction**, Volume 13, Issue 1, p. 53-72.
- VAN DRIEL, J. H. and VERLOOP, N. (1999). Teachers' Knowledge of Models and Modelling in Science, **International Journal of Science Education**, Vol. 21, No. 11, p.1141- 1153.
- VERONICA C. M. and BUTLER, P. H. (2004). Undergraduate Students' Understanding of Falling Bodies in Idealized And Real-World Situations, **Journal of Research in Science Teaching**, vol. 41, no. 6, pp. 569–583.
- WATTS, D. M. (1982).Gravity-Don It Take It For Granted!,**Physics Education**, vol1 7.
- WELLER, H. (2007). **Using Modeling And Simulation in Science Teaching**, EDW 472/SMS 491.
- WELLS, M. HESTENES, D. and SWACKHAMER, G. (1995). A Modeling Method for High School Physics Instruction, **American Journal of Physics**, 63 (7), 606-619. <<http://modelingnts.la.asu.edu>> (2007, Haziran).
- WHITE, B. Y. (1993). ThinkerTools: Causal Models, Conceptual Change, and Science Education, **Cognition and Instruction**, Vol. 10, No. 1, Pages 1-100.
- WINDSCHITL, M. and ANDRE, T. (1998). Using Computer Simulations to Enhance Conceptual Change: The Roles of Constructivist Instruction and Student Epistemological Beliefs, **Journal of Research in Science Teaching**, Vol. 35, No. 2, p. 145–160.

- YILDIZ, R. and ATKINS, M. (1996). The Cognitive Impact of Multimedia Simulations On 14 Year Old Students, **British Journal of Educational Technology**, 27(2), p.106-115.
- YILDIZ, A. VE BÜYÜKKASAP, E. (2006). Fizik Öğrencilerinin, Kuvvet ve Hareket Konusundaki Kavram Yanılgıları ve Öğretim Elemanlarının Bu Konudaki Tahminleri, **Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Dergisi**, 30, 268-277.
- ZACHARIA, Z. The Impact of Interactive Computer Simulations on the Nature and Quality of Postgraduate Science Teachers' Explanations in Physics, **International Journal of Science Education**, <<http://www.informaworld.com/smpp/title~content=t713737283>> (2007, Haziran).
- ZACHARIA, Z. (2003). Beliefs, Attitudes, and Intentions of Science Teachers Regarding the Educational Use of Computer Simulations and Inquiry-Based Experiments in Physics, **Journal of Research in Science Teaching**, Vol. 40, No. 8, p. 792–823.
- ZACHARIA, Z. and ANDERSON, O. R. (2003). The Effects of An Interactive Computer-Based Simulation Prior to Performing a Laboratory Inquiry-Based Experiment On Students' Conceptual Understanding of Physics, **American Journal of Physics**, Vol 71, Issue 6, p.618-629.
- ZIETSMAN, A.I. and HEWSON, P.W. (1986). Effect of Instruction Using Microcomputers Simulations and Conceptual Change Strategies on Science Learning, **Journal of Research in Science Teaching**, 23, p. 27–39.
- ZUMBACH, J. (2006). Learning Life Sciences: Design and Development of a Virtual Molecular Biology Learning Laboratory, **Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching**, 25(3), p.281-300.

EKLER

EK-1**TEMEL MEKANİK KAVRAM TESTİ**

20 TEST MADDESİ FORCE CONCEPT INVENTORY (Hestenes, Wells and Swackmayer, 1992; Revised: Halloun, Mosca, Hake, 1995) 4 MADDE İSE MECHANICS DIAGNOSTIC TEST'TEN (Halloun and Hestenes, 1985) ALINARAK HAZIRLANMIŞTIR

FORCE CONCEPT INVENTORY TESTİNİN TÜRKÇE UYARLAMASI (Öğretme, Çiçek, Duran, Günneç ve Köksal, 2000; revise: Öğretme, 2003)

Açıklama: Bu tanı testi temel mekanik kavramlarıyla ilgili 24 sorudan ve her bir soru beş seçenekten oluşmaktadır. Soruların herbirinin tek bir doğru cevabı vardır. Herbir soru için doğru olduğuna inandığınız seçeneği () içerisine yazarak, seçeneğinizin gerekçesini “**çünkü**” ile başlayan alanda ifade ediniz. “?” imgesiyle başlayan kısımda ise bu soruya verdiğiniz cevaptan emin olup olmadığınızı işaretleyiniz.

Lütfen:

- Hiç bir soruyu **okumadan ve cevaplamadan geçmeyiniz.**
- Cevaplarınızın kişisel olarak ne düşündüğünüzü yansıtmalarına dikkat ediniz.

TANI TESTİ

1. Aynı boyutlardaki iki metal toptan biri diğerinin iki katı ağırlığındadır. Toplar, tek katlı bir binanın çatısından aynı anda serbest bırakılıyorlar. Toplar yere ulaşınca kadar geçen süre,

1. ağır top için, hafif olanın yaklaşık yarısı kadardır.
2. hafif top için, ağır olanın yaklaşık yarısı kadardır.
3. ikisi için de yaklaşık olarak aynıdır.
4. ağır top için, hafif olanın yarısı kadar olmasa da belirgin miktarda azdır.
5. hafif top için, ağır olanın yarısı kadar olmasa da belirgin miktarda azdır.

☞ () Çünkü;.....

? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim

2. Bir önceki sorudaki metal top, yatay bir masadan aynı hızla yuvarlanıp düşmektedirler. Bu durumda

1. iki top da, masanın tabanından yaklaşık olarak eşit yatay uzaklıkta bir noktada yere çarparlar.
2. ağır top, hafif topun çarptığı noktanın yaklaşık yarısı kadar yatay uzaklıktaki bir noktada yere çarpar.
3. hafif top, ağır topun çarptığı noktanın yaklaşık yarısı kadar yatay uzaklıktaki bir noktada yere çarpar.
4. ağır top, hafif topun çarptığı noktanın yarısı kadar yatay uzaklıktaki bir noktaya olmasa da, belirgin miktarda daha kısa mesafede yere çarpar.
5. hafif top, ağır topun çarptığı noktanın yarısı kadar yatay uzaklıktaki bir noktaya olmasa da, belirgin miktarda daha kısa mesafede yere çarpar.

☞ () Çünkü;.....

? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim

3. Tek katlı bir binanın çatısından yere bırakılan bir taş,

1. bırakıldıktan kısa bir süre sonra en yüksek hızına ulaşır ve sonra bu sabit hızla düşmeye devam eder.
2. düşüğe hızlanır, çünkü taş dünyaya yaklaştıkça yerçekimi kuvveti belirgin bir şekilde artar.
3. hızlanır, çünkü neredeyse sabit olan yerçekimi kuvvetinin etkisindedir.
4. bütün cisimlerde var olan, dünya yüzeyinde durma doğal eğilimi nedeniyle düşer.
5. yerçekimi ve havanın taşı aşağıya doğru iten kuvvetlerinin birleşik etkisi nedeniyle düşer.

☞ () Çünkü;.....

? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim

Sonraki iki soruyu (4 ve 5) cevaplarken, aşağıdaki şekil ve açıklamayı kullanın.

Şekil, O merkezli bir çemberin parçası biçimindeki, sürtünmesiz bir kanalı göstermektedir. Kanal sürtünmesiz yatay bir masanın üst yüzeyine sabitlenmiştir. Masaya kuşbakışı bakmaktasınız. Hava tarafından uygulanan kuvvetler önemsizdir. P noktasından bir top yüksek bir hızla kanalın içine fırlatılıyor ve R noktasından dışarı çıkıyor.

4. Düşünülebilecek birbirinden farklı şu kuvvetleri dikkate aldığınızda;

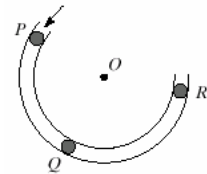
- A. aşağıya doğru bir yerçekimi kuvveti.
- B. kanal tarafından Q 'dan O 'ya doğru uygulanan bir kuvvet.
- C. hareket yönünde bir kuvvet.
- D. O 'dan Q 'ya doğru bir kuvvet.

hangisi ya da hangileri, top sürtünmesiz kanalın Q noktasındayken ona etki etmektedir?

1. Yalnız A.
2. A ve B.
3. A ve C.
4. A, B, ve C.
5. A, C, ve D.

☞ () Çünkü;.....

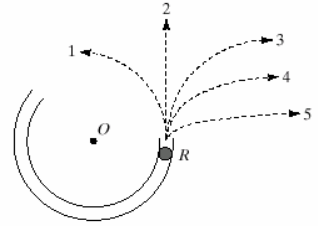
? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim



5. Şekildeki 1-5 yollarından hangisi, top kanalın R noktasından çıkıp, masanın sürtünmesiz üst yüzeyinde hareket ederken, topun izleyeceği yola en yakın yoldur?

☞ () Çünkü;.....

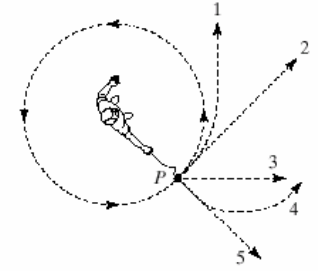
? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim



6. Bir ipe bağlanmış çelik bir top aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi, yatay bir düzlemde dairesel bir yörünge çizerek dönmektedir. P noktasında, ip aniden topa yakın bir yerden kopar. Eğer bu olaylar kuşbakışı olarak izleniyorsa, ip koptuktan sonra topun izleyeceği yola en yakın yol, 1-5 yollarından hangisidir?

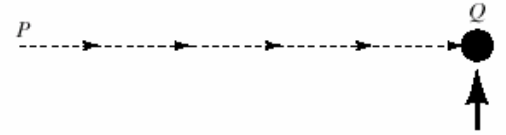
☞ () Çünkü;.....

? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim



Sonraki üç soruyu (7-9) cevaplarken, aşağıdaki şekil ve açıklamayı kullanın.

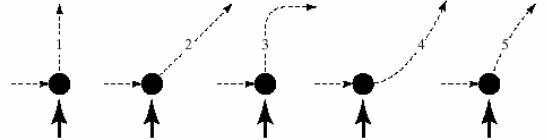
Şekil, sürtünmesiz yatay bir yüzey üzerinde sabit V_0 hızıyla P noktasından Q noktasına doğru, düz bir çizgi boyunca kayan bir hokey diskini göstermektedir. Hava tarafından uygulanan kuvvetler ihmal edilebilir. Diske kuşbakışı bakmaktasınız. Disk Q noktasına ulaştığında kalın ok yönünde ani yatay bir vuruş ile karşılaşır. Eğer disk P noktasında duruyor olsaydı, vuruş diskin V_v hızıyla vuruş doğrultusunda yatay hareketine neden olurdu.



7. Aşağıdaki 1-5 yollarından hangisi diskin vuruştan sonra izleyeceği yola en yakın yoldur?

☞ () Çünkü;.....

? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim



8. Yedinci sorunun cevabı olarak seçtiğiniz sürtünmesiz yolda, vuruştan sonra diskin hızı,

1. sabittir.
2. sürekli artar.
3. sürekli azalır.
4. bir süre artar ve sonra azalır.
5. bir süre sabit kalır ve sonra azalır.

☞ () Çünkü;.....

? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim

9. Yedinci sorunun cevabı olarak seçtiğiniz sürtünmesiz yolda, vuruştan sonra diske etkiyen ana kuvvet(ler),

1. aşağı yönde bir yerçekimi kuvvetidir.
2. aşağı yönde bir yerçekimi kuvveti, ve hareket yönünde yatay bir kuvvettir.
3. aşağı yönde bir yerçekimi kuvveti, yüzeyin uyguladığı yukarı yönde bir kuvvet, ve hareket yönünde yatay bir kuvvettir.
4. aşağı yönde bir yerçekimi kuvveti ve yüzeyin uyguladığı yukarı yönde bir kuvvettir.
5. yoktur. (Diske etkiyen kuvvet yoktur.)

☞ () Çünkü;.....

? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim

10. Bir çocuk çelik bir topu tam yukarıya doğru dik olarak atar. Topun, çocuğun elinden çıkıp yere düşene kadar olan hareketini dikkate alın ve hava tarafından topa uygulanan kuvvetlerin ihmal edilebilir olduğunu düşünün. Bu şartlarda topa etkiyen kuvvet(ler),

1. sürekli azalan yukarı yönde bir kuvvetle birlikte aşağıya doğru bir yerçekimi kuvvetidir.
2. çocuğun elinden çıktıktan sonra en yüksek noktaya ulaşana kadar sürekli azalan yukarı yönde bir kuvvet; aşağıya inerken ise, cisim dünyaya yaklaştıkça sürekli artan aşağı yönde bir yerçekimi kuvvetidir.
3. top en yüksek noktaya ulaşana kadar yukarı yönde sürekli azalan bir kuvvetle birlikte, neredeyse sabit aşağı yönde bir yerçekimi kuvveti; aşağıya inerken ise, sadece sabit aşağı yönde bir yerçekimi kuvvetidir.
4. sadece, neredeyse sabit aşağı yönde bir yerçekimi kuvvetidir.
5. yukarıdakilerden hiçbiri. Topun dünya üzerinde durma doğal eğilimi olduğu için top yere düşer.

☞ () Çünkü:.....

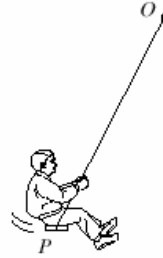
? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim

11. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi, bir çocuk P noktasından daha yukarıdaki bir noktadan sallanmaya başlamıştır. Düşünülebilecek birbirinden farklı şu kuvvetleri dikkate alın:

- A. aşağı yönde bir yerçekimi kuvveti.
- B. ip tarafından P 'dan O 'ya doğru uygulanan bir kuvvet.
- C. çocuğun hareketi yönünde bir kuvvet.
- D. O 'dan P 'ya doğru bir kuvvet.

Çocuk P noktasındayken ona etkiyen kuvvet(ler) ne(ler)dir?

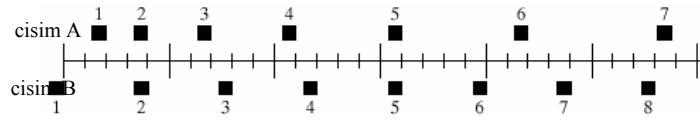
1. sadece A
2. A ve B
3. A ve C
4. A, B, ve C
5. A, C, ve D



☞ () Çünkü:.....

? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim

12. İki cismin 0.20'şer saniye zaman aralıklı konumları, aşağıdaki şekilde numaralanmış karelerle gösterilmiştir. Cisimler sağa doğru hareket etmektedirler.



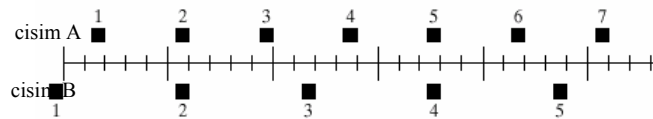
Cisimler hiç aynı hıza sahip olmuşlar mıdır?

1. Hayır.
2. Evet "2" anında.
3. Evet "5" anında.
4. Evet "2" ve "5" anlarında.
5. Evet, "3" ile "4" arasında bir anda.

☞ () Çünkü:.....

? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim

13. İki cismin 0.20'şer saniye zaman aralıklı konumları, aşağıdaki şekilde numaralanmış karelerle gösterilmiştir. Cisimlerin ivmeleri için denilebilir ki:



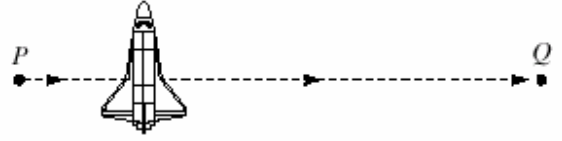
1. A'nın ivmesi B'nin ivmesinden büyüktür.
2. A'nın ivmesi B'nin ivmesine eşittir. İki ivme de sıfırdan büyüktür.
3. B'nin ivmesi A'nın ivmesinden büyüktür.
4. A'nın ivmesi B'nin ivmesine eşittir. İki ivme de sıfırdır.
5. Soruyu cevaplamak için yeterli bilgi verilmemiştir.

☞ () Çünkü:.....

? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim

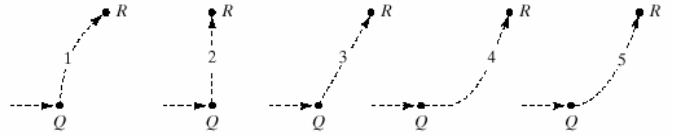
Sonraki dört soruyu (14-17) cevaplarken, aşağıdaki şekil ve açıklamayı kullanın.

Uzayın derinliklerinde bir uzay gemisi P noktasından Q noktasına, şekilde gösterildiği gibi, yan olarak sürüklenmektedir. Gemiye dışarıdan hiçbir kuvvet etkimemektedir. Q noktasında itibaren, geminin motorları çalışıyor ve PQ çizgisine dik açıda bir sabit itme kuvveti gemiye etkimeye başlıyor. Bu sabit itme kuvveti gemi uzayda bir R noktasına ulaşınca kadar ona etmiyor.



14. Geminin Q ve R noktaları arasında izleyeceği yolu en yakın gösteren, 1-5 yollarından hangisidir?

☐ () Çünkü:.....
.....
.....



? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim

15. Gemi Q noktasından R noktasına ilerlerken hızı,

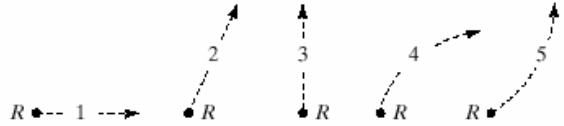
1. sabittir.
2. sürekli artar.
3. sürekli azalır.
4. bir süre artar ve sonra sabit kalır.
5. bir süre sabittir ve sonra azalır.

☐ () Çünkü:.....
.....
.....

? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim

16. R noktasında geminin motoru durduruluyor ve itme kuvveti hemen sıfıra düşüyor. 1-5 yollarından hangisi R noktasından sonra geminin izleyeceği yoldur?

☐ () Çünkü:.....
.....
.....



? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim

17. R noktasından sonra geminin hızı,

1. sabittir.
2. sürekli artar.
3. sürekli azalır.
4. bir süre artar ve sonra sabit kalır.
5. bir süre sabittir ve sonra azalır.

☐ () Çünkü:.....
.....
.....

? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim

Bir kadın büyük bir kutuya sabit yatay bir kuvvet uyguluyor. Sonuç olarak, kutu yatay bir yüzey üzerinde sabit V_0 hızıyla hareket ediyor.

18. Kadın, kutuyu aynı yatay yüzey üzerinde itmek için uyguladığı yatay kuvveti iki katına çıkarırsa, kutu

1. V_0 hızının iki katı sabit bir hızla hareket eder.
2. V_0 hızının iki katı kadar olmasa da, V_0 'dan büyük sabit bir hızla hareket eder.
3. V_0 'dan büyük ve sabit bir hızla hareket eder, sonra hızlanır.
4. bir süre için artan bir hızla sonra ise sabit bir hızla hareket eder.
5. sürekli artan bir hızla hareket eder.

☐ () Çünkü:.....
.....

? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim

19. Eğer 18. sorudaki kadın cisme uyguladığı yatay kuvveti kaldırırsa, cisim

1. anında durur.
2. bir süre sabit hızla hareketine devam eder ve sonra yavaşlayıp durur.
3. anında yavaşlamaya başlar ve durur.
4. sabit bir hızla hareketine devam eder.
5. bir süre hızlanır ve sonra yavaşlayıp durur.

☞ () Çünkü:.....

? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim

20. Çok güçlü bir rüzgara rağmen, bir tenis oyuncusu raketiyle bir tenis topuna vurur, ve top ağı geçip rakip sahaya ulaşır.

Şu kuvvetleri dikkate aldığınızda:

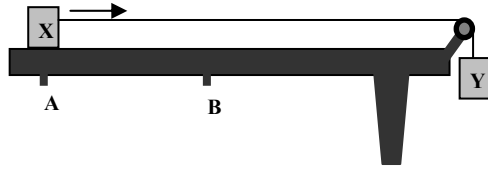
- A. aşağı yönde bir yerçekimi kuvveti.
- B. “vuruştan” kaynaklanan bir kuvvet.
- C. havanın uyguladığı bir kuvvet.

Raketle temasını kesmesinden yere çarpmasına kadar, topa yukarıdaki kuvvetlerden hangisi/hangileri etkimektedir?

1. sadece A
2. A ve B
3. A ve C
4. B ve C
5. A, B, ve C

☞ () Çünkü:.....

? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim



Yandaki şekil, sürtünmesiz bir makaranın üzerinden geçen ve kütlesi ihmal edilen bir iple birbirlerine bağlanan X ve Y blokları göstermektedir. Sistem serbest bırakıldığında, Y bloğu X'i sürtünmesiz yatay masa üzerinde okun gösterdiği yönde çeker. Hava direncini ihmal edilirse:

21. X bloğunun hızı:

1. sabittir.
2. sürekli artar.
3. Sürekli azalır.
4. bir süre artar ve sonra sabit kalır.
5. bir süre sabit kalır ve sonra azalır.

☞ () Çünkü:.....

? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim

22. X bloğu B noktasına ulaştığında ip kopuyor. Bu durumdan sonra X bloğu:

1. B noktasında durur.
2. sabit hızla hareketine devam eder.
3. hızlanır.
4. yavaşlar.
5. bir süre hızlanır sonra yavaşlar.

☞ () Çünkü:.....

? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim

Şimdi ise Y bloğu Z bloğu ile yer değiştiriliyor. Z bloğu X bloğuna, daha önce Y'nin X'e uyguladığı çekme kuvvetinin iki katı kadar bir çekme kuvveti uyguluyor. Y yerine Z bloğu bağlandıktan sonra, X bloğu tekrar A noktasına getirilerek sistem yeniden serbest bırakılıyor. X bloğu tekrar B noktasına ulaştığında ip kopuyor.

23. X bloğunun B noktasında ulaştığı hız, daha önce Y'nin X'i çekmesi durumunda X'in aynı B noktasında ulaştığı hızla karşılaştırıldığında ne kadardır?

1. daha önce ulaştığı hızının yarısı kadardır.
2. yarısı kadar olmasa da belirgin miktarda daha önce ulaştığı hızından küçüktür.
3. daha önce ulaştığı hızına eşittir.
4. daha önce ulaştığı hızının iki katı kadardır.
5. iki katı kadar olmasa da belirgin miktarda daha önce ulaştığı hızından büyüktür.

☞ () Çünkü:.....
.....
.....

? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim

24. X bloğunun B noktasına ulaşması için geçen süre, daha önce Y'nin X'i çekmesi durumunda X'in aynı B noktasında ulaşması için geçen süreyle karşılaştırıldığında ne kadardır?

1. daha önceki sürenin yarısı kadardır.
2. yarısı kadar olmasa da belirgin miktarda daha önceki süreden azdır.
3. daha önceki süre ile aynıdır.
4. daha önceki sürenin iki katı kadardır.
5. iki katı kadar olmasa da belirgin miktarda daha önceki süreden fazladır.

☞ () Çünkü:.....
.....
.....

? Bu soruya verdiğiniz cevaptan emin misiniz? ☐ Eminim ☐ Emin değilim

.....test bitti----cevaplarınızı kontrol ediniz.....

EK-2

**KUVVET VE HAREKET KAVRAMSAL DEĞERLENDİRME
TESTİ**

**FORCE AND MOTION CONCEPTUAL EVALUATION-
FMCE**

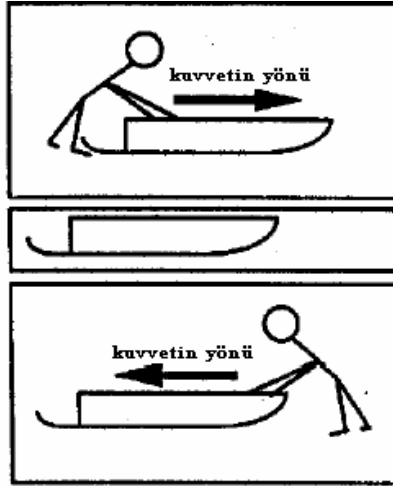
(Thornton, R. K., Sokoloff D.R. 1995)

(Türkçe'ye Uyarlama: Uygur KANLI, Çağlar GÜLÇİÇEK, 2006)

Açıklama: 1-43. soruları boşlukları doldurarak cevaplayınız.

Bir kızak, aşağıda 1'den 7'ye kadar olan sorularda tanımlanan şekillerde buz üzerinde hareket ediyor. *Sürtünme kuvveti ihmal edilebilecek kadar küçüktür.* Buz üzerinde kaymayan bir ayakkabı giyen bir kişi kızağa bir kuvvet uygulayabiliyor ve kızağı buz üzerinde itebiliyor. Aşağıda 1'den 7'ye kadar olan durumlarda tanımlanan hareketi sağlayabilecek bir kuvvet (A'dan G'ye) seçiniz.

Bir seçeneği birden fazla kullanabilir ya da hiç kullanmayabilirsiniz; fakat her bir boşluk için sadece bir cevap seçiniz. Eğer seçeneklerden hiçbirinin doğru olduğunu düşünmüyorsanız J seçeneğini işaretleyiniz.



- A. Sağa doğru ve şiddeti artan bir kuvvet
- B. Sağa doğru ve şiddeti sabit bir kuvvet
- C. Sağa doğru ve şiddeti azalan bir kuvvet
- D. Uygulanan bir kuvvet gerekmez (Bir kuvvete ihtiyaç duyulmaz.
- E. Sola doğru ve şiddeti azalan bir kuvvet
- F. Sola doğru ve şiddeti sabit bir kuvvet
- G. Sola doğru ve şiddeti artan bir kuvvet

- _____ 1. Kızağın sağa doğru sabit oranla hızlanarak (sabit ivme ile) hareket etmesini hangi kuvvet sağlar?
- _____ 2. Kızağın sağa doğru değişmeyen (sabit) hızla hareket etmesini hangi kuvvet sağlar?
- _____ 3. Kızak sağa doğru hareket ediyor. Kızağın sabit oranla yavaşlamasını (sabit ivme ile) hangi kuvvet sağlar?
- _____ 4. Kızağın sola doğru sabit oranla hızlanarak (sabit ivme ile) hareket etmesini hangi kuvvet sağlar?
- _____ 5. Kızak durgun halden başlayarak ve sağa doğru sabit bir hıza ulaşınca kadar itiliyor. Kızağın bu hızla gitmesini hangi kuvvet sağlar?
- _____ 6. Kızak sabit oranla yavaşlıyor ve kızağın ivmesi sağa doğrudur. Bu harekete hangi kuvvet neden olur?
- _____ 7. Kızak sola doğru hareket ediyor. Kızağın sabit oranla yavaşlamasını (sabit ivme ile) hangi kuvvet sağlar?

8-10. sorular, anlık bir itme uygulanarak bir eğik düzlemde yukarı doğru tırmanan oyuncak araba ile ilgilidir. Araba anlık itme ile fırlatıldıktan sonra eğik düzleme tırmanıyor ve en yüksek noktaya çıkarak tekrar geriye dönüyor. *Sürtünme kuvveti ihmal edilebilecek kadar küçüktür.*



Aşağıda 8-10'da tanımlanan her bir durumda arabaya etki eden net kuvveti belirtmek için takip eden seçeneklerden (A'dan G'ye) birini kullanınız. Eğer seçeneklerden hiçbirinin doğru olduğunu düşünmüyorsanız J seçeneğini yazınız.

- A. Rampadan aşağı doğru sabit net kuvvet
- B. Rampadan aşağı doğru artan net kuvvet
- C. Rampadan aşağı doğru azalan net kuvvet
- D. Net kuvvet sıfır
- E. Rampadan yukarı doğru sabit net kuvvet
- F. Rampadan yukarı doğru artan net kuvvet
- G. Rampadan yukarı doğru azalan net kuvvet

_____ 8. Araba fırlatıldıktan sonra rampanın yukarısına hareket ediyor iken.

_____ 9. Araba en yüksek noktada iken.

_____ 10. Araba rampa aşağı hareket ediyor iken.

11-13. sorular yukarı doğru havaya fırlatılan metal para ile ilgilidir. Para fırlatıldıktan sonra yukarı doğru hareket ediyor ve en yüksek noktaya çıkarak tekrar aşağı düşüyor. Aşağıda 11-13'te tanımlanan her bir durumda paraya etki eden kuvveti göstermek için aşağıdaki seçeneklerden (A'dan G'ye) birini kullanınız. Eğer seçeneklerden hiçbirinin doğru olduğunu düşünmüyorsanız J seçeneğini yazınız. *Hava direnci ihmal edilebilecek kadar küçüktür.*

- A. Kuvvet aşağı doğru ve sabittir
- B. Kuvvet aşağı doğru ve artıyor
- C. Kuvvet aşağı doğru ve azalıyor
- D. Kuvvet sıfırdır
- E. Kuvvet yukarı doğru ve sabittir
- F. Kuvvet yukarı doğru ve artıyor
- G. Kuvvet yukarı doğru ve azalıyor

_____ 11. Metal para fırlatıldıktan sonra yukarı yönde hareket ediyor iken.

_____ 12. Metal para en yüksek noktada iken.

_____ 13. Metal para aşağı yönde hareket ediyor iken.

14-21. sorular yatay doğru boyunca (doğrunun pozitif kısmında) sağa veya sola hareket edebilen oyuncak araba ile ilgilidir.

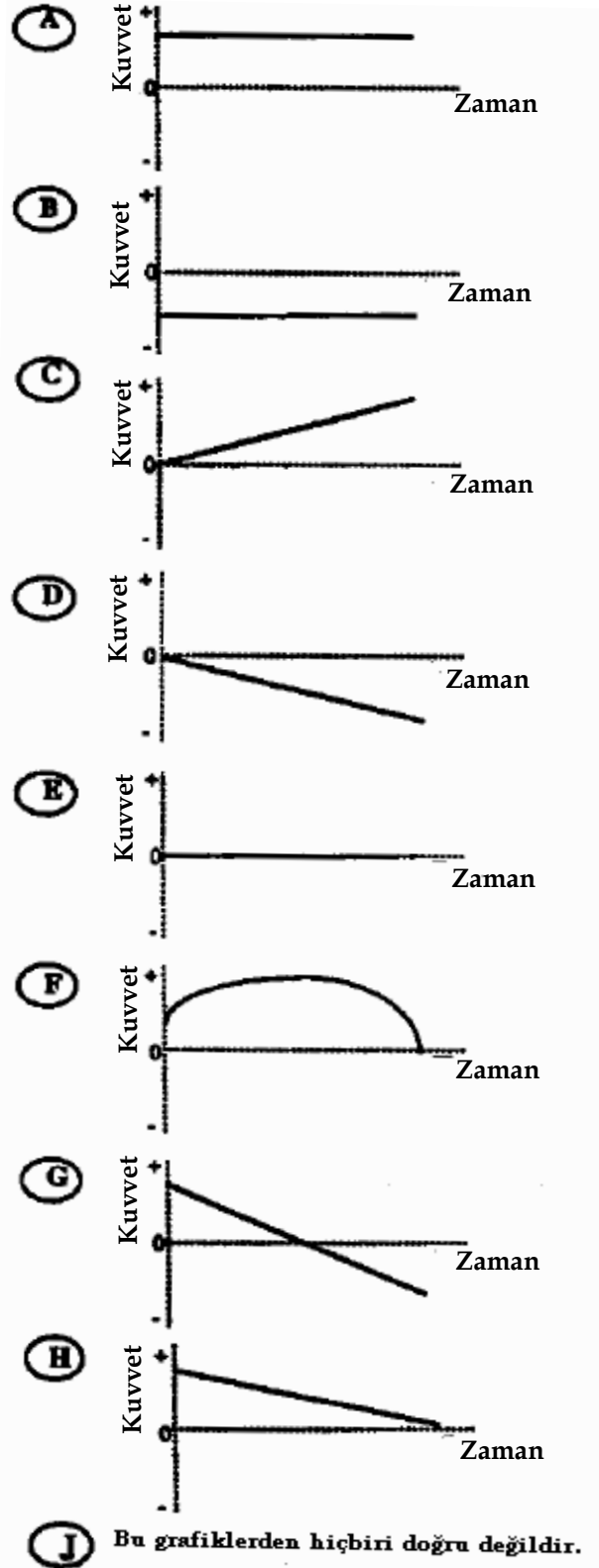


Sürtünme kuvvetinin ihmal edilebilecek kadar küçük olduğunu farz ediniz.

Arabaya bir kuvvet uygulanıyor. Arabanın aşağıda 14-21'de tanımlanan durumlarda hareketine devam edebilmesini sağlayacak bir kuvvet grafiği (A'dan J'ye) seçiniz.

Bir seçeneği birden fazla kullanabilir ya da hiç kullanmayabilirsiniz. Eğer seçeneklerden hiçbirinin doğru olduğunu düşünmüyorsanız J seçeneğini işaretleyiniz.

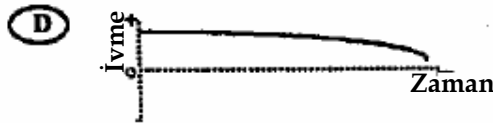
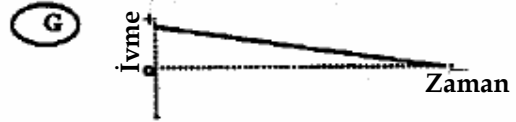
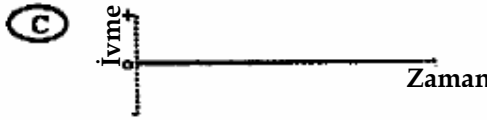
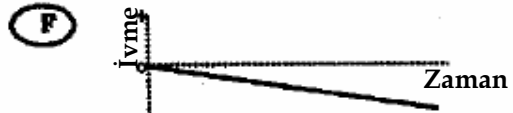
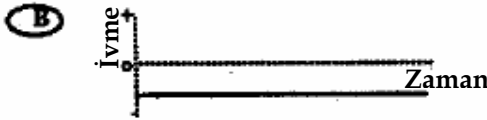
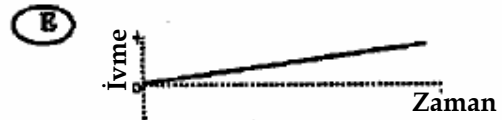
- _____ 14. Araba sağa doğru sabit hızla hareket (orijinden uzaklaşarak) ediyor.
- _____ 15. Araba durgun haldedir
- _____ 16. Araba sağa doğru sabit oranla (sabit ivme ile) hızlanarak hareket ediyor.
- _____ 17. Araba sola doğru sabit hızla hareket (orijin boyunca) ediyor.
- _____ 18. Araba sola doğru sabit oranla (sabit ivme ile) yavaşlayarak hareket ediyor.
- _____ 19. Araba sola doğru sabit oranla (sabit ivme ile) hızlanarak hareket ediyor.
- _____ 20. Araba sağa doğru hareket ediyor, hızlanıyor ve sonra yavaşlıyor.
- _____ 21. Araba sağa doğru itiliyor ve sonra bırakılıyor. Arabanın bırakılmasından sonraki kuvveti hangi grafik tanımlar



22-26. sorular yatay doğru boyunca (doğrunun pozitif kısmında) sağa veya sola hareket edebilen oyuncak araba ile ilgilidir. Pozitif yön sağa doğrudur.



Aşağıda arabanın farklı hareketleri tanımlanmıştır. Arabanın hareketi için 22-26'ya tanımlanan her bir duruma ait ivme zaman grafiği için bir harf (A'dan G'ye) seçiniz. Bir seçeneği birden fazla kullanabilir ya da hiç kullanmayabilirsiniz. Eğer seçeneklerden hiçbirinin doğru olduğunu düşünmüyorsanız J seçeneğini işaretleyiniz.



(J) Bu grafiklerin hiçbirisi doğru değildir.

- ____ 22. Araba sağa doğru sabit oranla (orijinden uzaklaşarak) hızlanarak hareket ediyor.
- ____ 23. Araba sağa doğru sabit oranla yavaşlayarak hareket ediyor.
- ____ 24. Araba sola doğru sabit hızla hareket (orijine doğru) ediyor.
- ____ 25. Araba sola doğru sabit oranla hızlanarak hareket ediyor.
- ____ 26. Araba sağa doğru sabit hızla hareket ediyor.

27-29. sorular yukarı doğru havaya fırlatılan metal para ile ilgilidir. Para fırlatıldıktan sonra yukarı doğru hareket ediyor ve en yüksek noktaya çıkarak tekrar aşağı düşüyor. Aşağıda paranın hareketi ile ilgili olarak 27-29'da tanımlanan her bir basamakta paranın ivmesini belirtmek için aşağıdaki seçeneklerden (A'dan G'ye) birini kullanınız. Eğer seçeneklerden hiçbirinin doğru olduğunu düşünmüyorsanız J seçeneğini işaretleyiniz. Hava direnci ihmal edilebilecek kadar küçüktür.

- A. İvme negatif yönde ve sabittir
B. İvme negatif yönde ve artıyor
C. İvme negatif yönde ve azalıyor

- D. İvme sıfırdır
F. İvme pozitif yönde ve artıyor
G. İvme pozitif yönde ve azalıyor

- ____ 27. Metal para fırlatıldıktan sonra yukarı yönde hareket ediyor iken.
- ____ 28. Metal para en yüksek noktada iken.
- ____ 29. Metal para aşağı yönde hareket ediyor iken.

30-34. sorular otomobil ile kamyon arasındaki çarpışma ile ilgilidir. Çarpışma için aşağıda 30-34'te tanımlanan her bir durum için, otomobil ve kamyon arasındaki kuvvetlerin büyüklüğünü A'dan J'ye olan olasılıklardan en iyi tanımlayan seçeneği seçiniz.

- A. Kamyonun otomobile uyguladığı kuvvet, otomobilin kamyonu uyguladığı kuvvetten daha büyüktür.
- B. Otomobilin kamyonu uyguladığı kuvvet, kamyonun otomobile uyguladığı kuvvetten daha büyüktür.
- C. Hiçbiri birbirine kuvvet uygulamaz, otomobil kamyonun yolu üzerinde olduğu için paramparça olur.
- D. Kamyon otomobile bir kuvvet uygular fakat otomobil kamyonu bir kuvvet uygulamaz.
- E. Kamyon otomobile, otomobilin kamyonu uyguladığı kuvvete eşit büyüklükte bir kuvvet uygular.
- F. Yukarıdaki cevaplardan birini işaretlemek için yeterli bilgi verilmemiştir
- J. Yukarıdaki cevaplardan hiçbiri tanımlanan durumu doğru olarak açıklamaz.

30-32. sorularda, kamyon otomobilden çok ağırdır.



- _____ 30. Çarpıştıklarında, her ikisi aynı hızla hareket ediyor. Bu kuvvetleri hangi seçenek tanımlar.
- _____ 31. Çarpıştıklarında, otomobil daha ağır olan kamyonun hızla hareket ediyor. Bu kuvvetleri hangi seçenek tanımlar.
- _____ 32. Otomobil kamyonu çarptığında, daha ağır olan kamyon hala duruyor. Bu kuvvetleri hangi seçenek tanımlar.

33 ve 34. sorularda, kamyonu bir kamyonet olarak düşününüz. Kamyonet ve otomobilin ağırlığı aynıdır.



- _____ 33. Çarpıştıklarında, her ikisi aynı hızla hareket ediyor. Bu kuvvetleri hangi seçenek tanımlar.
- _____ 34. Otomobil kamyonete çarptığında, kamyonet hala duruyor. Bu kuvvetleri hangi seçenek tanımlar.

35-38. sorular, yolda bozulan ve küçük bir otomobil tarafından kasabaya doğru arkadan itilen büyük bir kamyonla ilgilidir. Otomobil ve kamyon arasındaki kuvvetlerin büyüklüğünü, aşağıda J'ye verilen tanımlardan hangisinin doğru olarak tanımladığını işaretleyiniz.

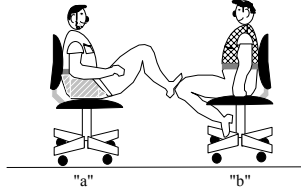


A'dan

- A. Otomobilin kamyonu uyguladığı itme kuvveti, kamyonun otomobile uyguladığı kuvvete eşittir.
- B. Otomobilin kamyonu uyguladığı itme kuvveti, kamyonun otomobile uyguladığı kuvvetten küçüktür.
- C. Otomobilin kamyonu uyguladığı itme kuvveti, kamyonun otomobile uyguladığı kuvvetten büyüktür.
- D. Otomobilin motoru çalışıyor ve bu nedenle otomobil kamyonu bir itme kuvveti uyguluyor. Fakat kamyonun motoru çalışmıyor ve bu nedenle kamyon otomobili bir kuvvetle geriye doğru itmiyor.
- E. Ne kamyon ne de otomobil birbirine bir kuvvet uyguluyor. Kamyon otomobilin yolu üzerinde olduğu için basitçe ileri doğru itiliyor.
- J. Yukarıdaki tanımlardan hiçbiri doğru değildir.

- _____ 35. Otomobil kamyonu itiyor fakat kamyonu hareket ettirmeye yeterli büyüklükte değil.
- _____ 36. Otomobil kamyonu itiyorken, belli bir hızla ulaşmaya kadar hızlanıyor.
- _____ 37. Otomobil kamyonu belli bir hızla itiyor ve aynı hızla hareketine devam ediyor.
- _____ 38. Otomobil kamyonu belli bir hızla itiyorken, kamyon frene bastığında otomobilin yavaşlamasına neden oluyor.

_____ **39.** Aşağıdaki şekilde, biri 95 kg ("a") diğeri 77 kg ("b") olan iki öğrenci tekerlekli sandalyeler üzerinde oturmaktadır. Kütlesi büyük olan öğrenci ayaklarını diğerrinin dizlerine koyup, birden itmektedir. Bunun sonucu olarak, ikisi de hareket eder.



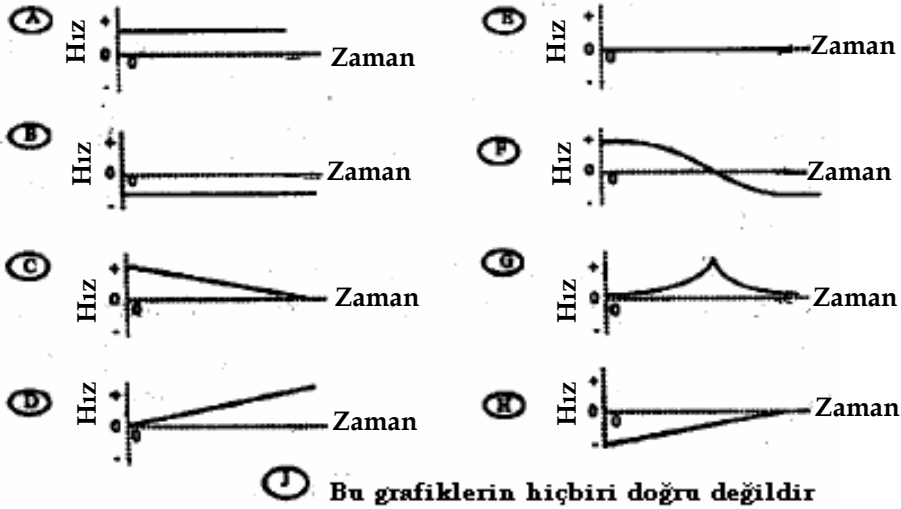
Bu olay için aşağıdaki seçeneklerden hangisi doğrudur?

- A) Hiçbiri öğrenci birbirine kuvvet uygulamamıştır.
- B) Sadece "a", "b" ye kuvvet uygular; b, a'ya kuvvet uygulamaz.
- C) Her iki öğrenci birbirine kuvvet uygular, fakat "b" nin uyguladığı kuvvet "a" nın uyguladığı kuvvetten daha büyüktür.
- D) Her iki öğrenci birbirine kuvvet uygular, fakat "a" nın uyguladığı kuvvet "b" nin uyguladığı kuvvetten daha büyüktür.
- E) Birbirlerine uyguladıkları kuvvet eşit büyüklüktedir.
- J) Bu cevaplardan hiçbiri doğru değildir.

40-43. sorular, yatay doğru boyunca (doğrunun pozitif kısmında) sağa veya sola hareket edebilen oyuncak otomobil ile ilgilidir.



Aşağıdaki her bir soru için doğru hız-zaman grafiğini (A'dan G'ye) seçiniz. Bir grafiği birden fazla kullanabilir ya da hiç kullanmayabilirsiniz. Eğer seçeneklerden hiçbirinin doğru olduğunu düşünmüyorsanız J seçeneğini işaretleyiniz.



- _____ 40. Hangi grafik otomobilin sağa doğru sabit hızla hareket (orijinden uzaklaşarak) ettiğini gösterir?
- _____ 41. Hangi grafik otomobilin yön değiştirdiğini gösterir?
- _____ 42. Hangi grafik otomobilin sola doğru sabit hızla hareket (orijine doğru) ettiğini gösterir?
- _____ 43. Hangi grafik otomobilin sabit oranla hızlandığını gösterir?

EK-3

SİMÜLASYON FÖYLERİ

(Simülasyonlarla yapılan hazırlık çalışmalarına ilaveten, öğrencilerin simülasyonları kullanırken güçlük yaşamamaları için araştırmacı tarafından hazırlanmıştır)

SEMBOLLER

t:	Zaman
x:	Yatay konum
y:	Düşey konum
v:	Hız
vx:	Hızın yatay (x) bileşeni
vy:	Hızın düşey (y) bileşeni
a:	İvme
g:	Yerçekimi ivmesi
m:	Kütle
F:	Kuvvet
F _m :	Merkezcil kuvvet
F _G :	Yerçekimi kuvveti
P.E.:	Potansiyel enerji
K.E.:	Kinetik enerji
G.P.E.:	Gravitasyonel potansiyel enerji
T.E.:	Toplam enerji
K:	Hava direnci katsayısı
h:	Yükseklik
R:	Yarıçap
f:	Dönme frekansı
u:	Frekansın karesi

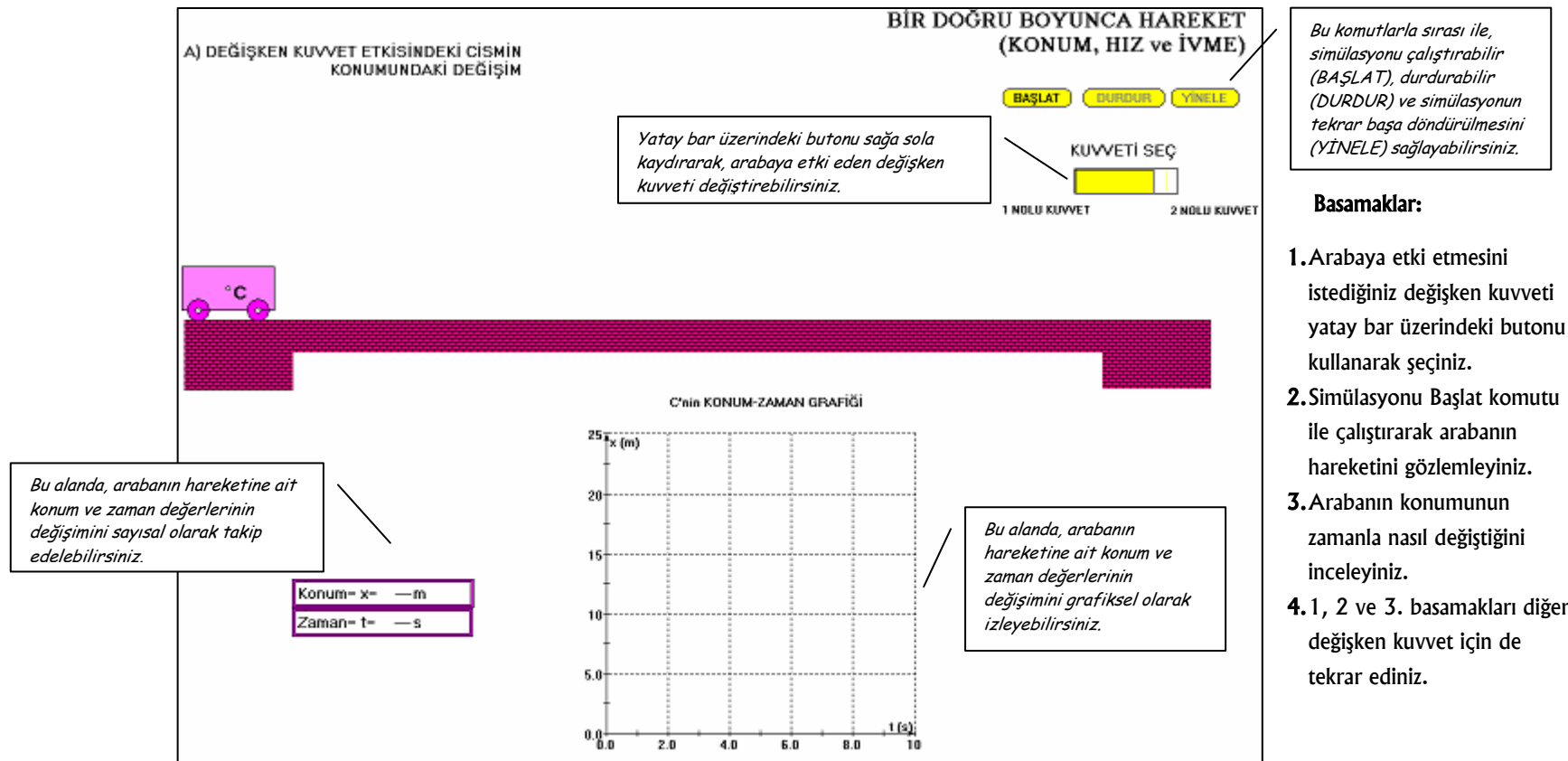
SİMÜLASYONLARDA KULLANILAN SEMBOLLER		SEMBOLERİN BİRİMLERİ
t	<i>Zaman</i>	<i>Saniye (s)</i>
x	<i>Yatay konum</i>	<i>Metre (m)</i>
y	<i>Düşey konum</i>	<i>Metre (m)</i>
v	<i>Hız</i>	<i>Metre/Saniye (m/s)</i>
vx	<i>Hızın yatay (x) bileşeni</i>	<i>Metre/Saniye (m/s)</i>
vy	<i>Hızın düşey (y) bileşeni</i>	<i>Metre/Saniye (m/s)</i>
v	<i>İvme</i>	<i>Metre/(Saniye)² (m/s²)</i>
g	<i>Yerçekimi ivmesi</i>	<i>Metre/(Saniye)² (m/s²)</i>
m	<i>Kütle</i>	<i>Kilogram (kg)</i>
F	<i>Kuvvet</i>	<i>Newton (N)</i>
Fm	<i>Merkezcil kuvvet</i>	<i>Newton (N)</i>
FG	<i>Yerçekimi kuvveti</i>	<i>Newton (N)</i>
P.E.	<i>Potansiyel enerji</i>	<i>Joule (J)</i>
K.E.	<i>Kinetik enerji</i>	<i>Joule (J)</i>
G.P.E.	<i>Gravitasyonel potansiyel enerji</i>	<i>Joule (J)</i>
E.P.E.	<i>Esneklik potansiyel enerjisi</i>	<i>Joule (J)</i>
T.E.	<i>Toplam enerji</i>	<i>Joule (J)</i>
K	<i>Hava direnci katsayısı</i>	<i>Kilogram/Metre.Saniye (kg/m.s)</i>
h	<i>Yükseklik</i>	<i>Metre (m)</i>
R	<i>Yarıçap</i>	<i>Metre (m)</i>
f	<i>Dönme frekansı</i>	<i>1/Saniye (1/s)</i>
u	<i>Frekansın karesi</i>	<i>1/(Saniye)² (1/s²)</i>

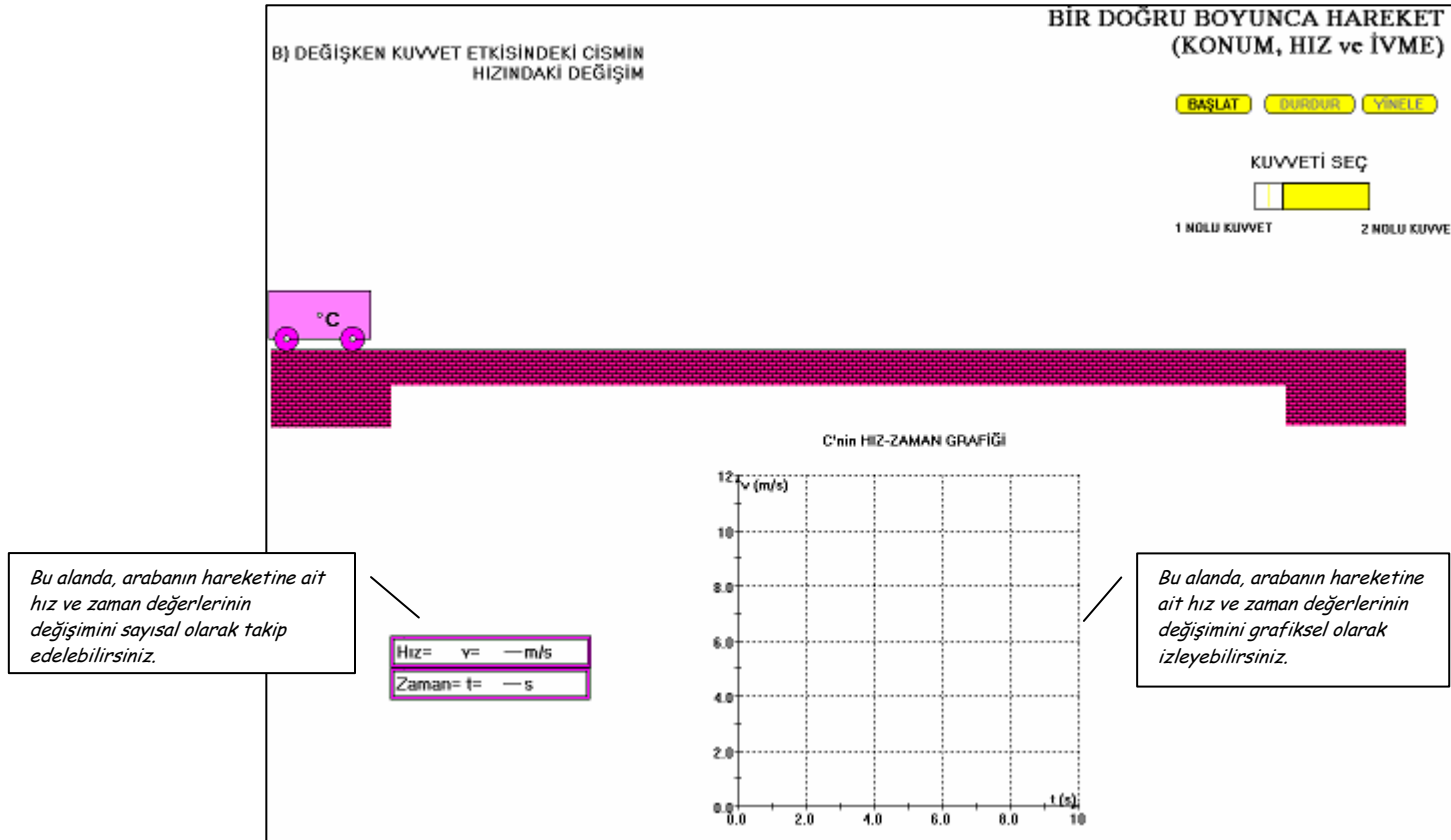
Simülasyon No: 1

Simülasyonun Adı: Bir doğru boyunca hareket (konum, hız ve ivme)

Simülasyonun Amacı: Değişken kuvvet etkisinde bir doğru boyunca hareketi ve buna bağlı olarak konum, hız, ivme değerlerinin değişimini incelemek.

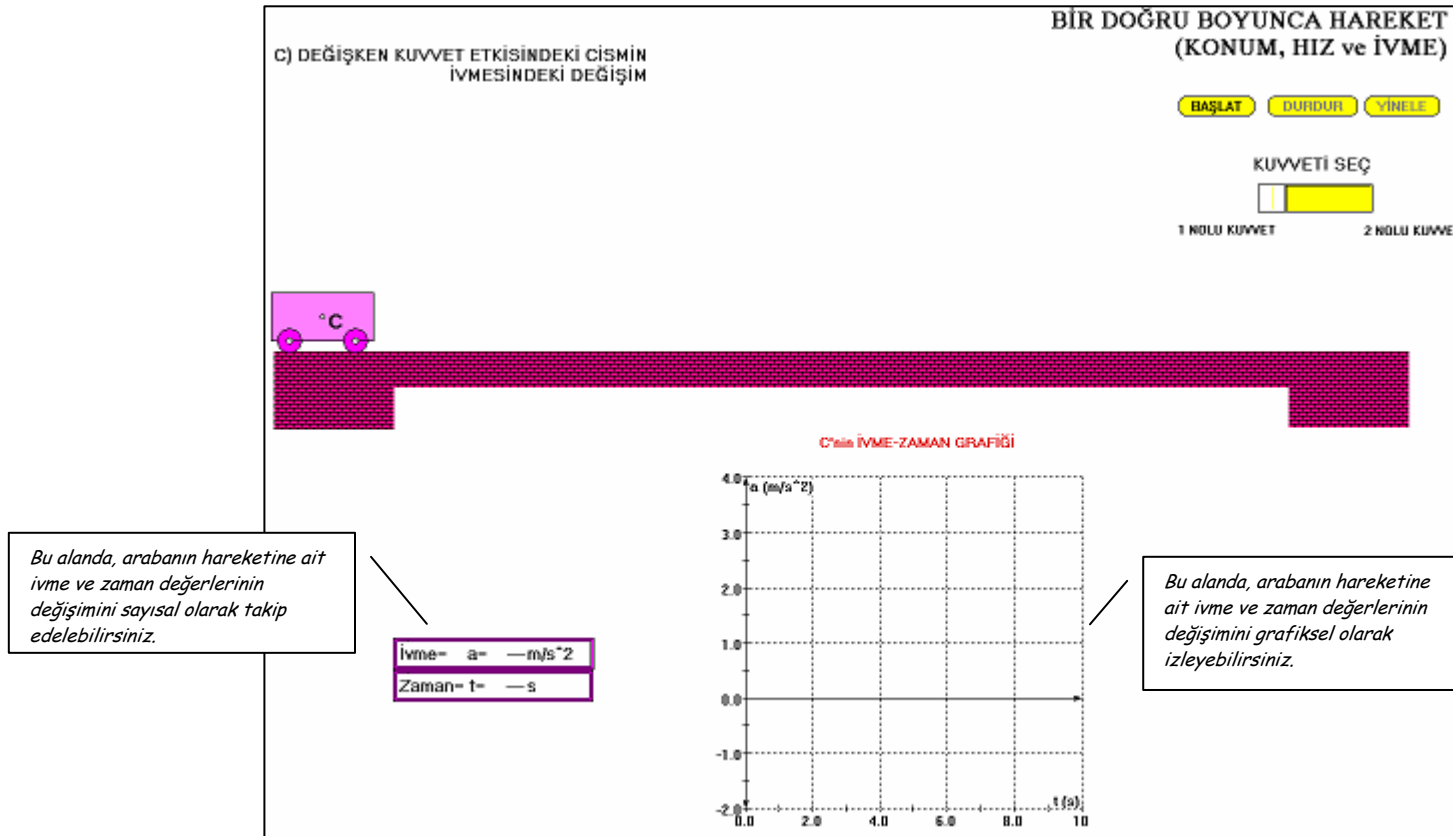
Simülasyonun Çalıştırılması:





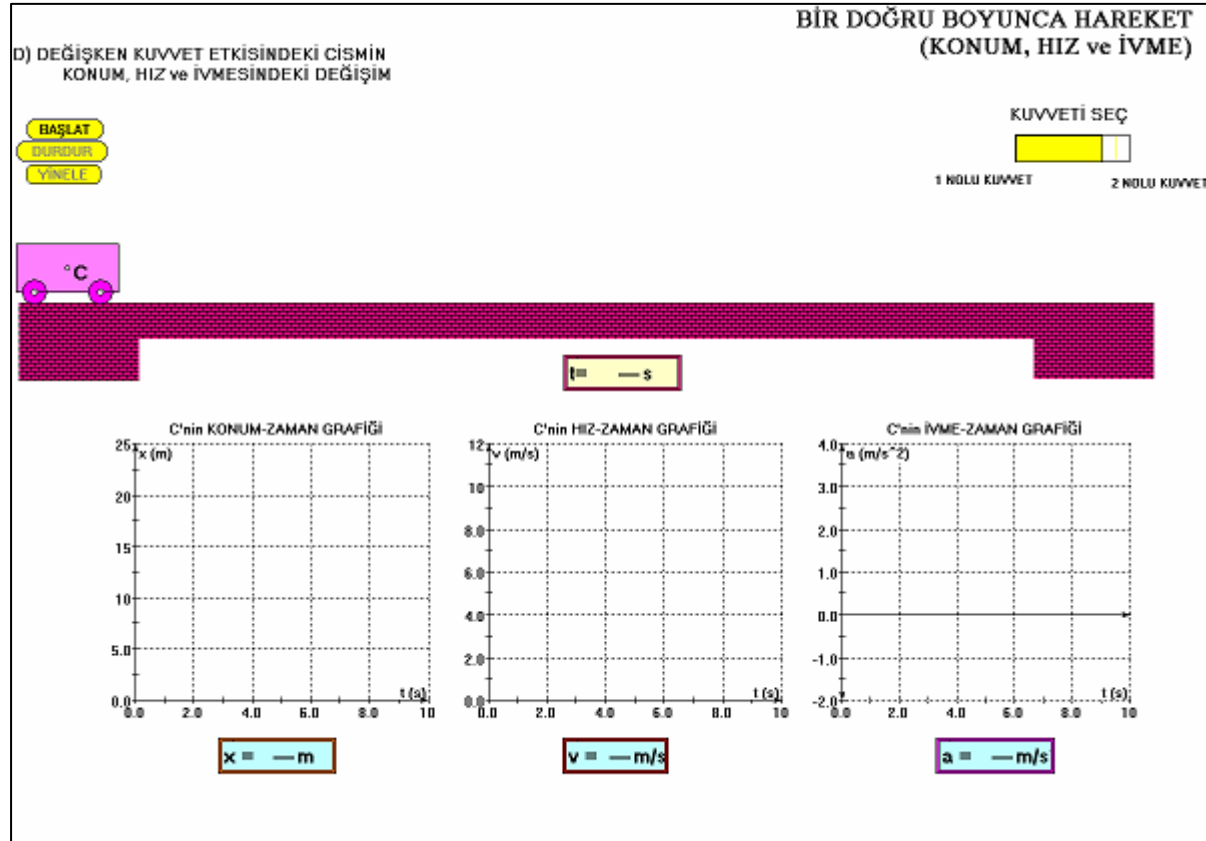
Basamaklar:

5. Arabaya etki etmesini istediğiniz değişken kuvveti yatay bar üzerindeki butonu kullanarak seçiniz.
6. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak arabanın hareketini gözlemleyiniz.
7. Arabanın hızının zamanla nasıl değiştiğini inceleyiniz.
8. 5, 6 ve 7. basamakları diğer değişken kuvvet için de tekrar ediniz.



Basamaklar:

9. Arabaya etki etmesini istediğiniz değişken kuvveti yatay bar üzerindeki butonu kullanarak seçiniz.
10. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak arabanın hareketini gözlemleyiniz.
11. Arabanın ivmesinin zamanla nasıl değiştiğini inceleyiniz.
12. 9, 10 ve 11. basamakları diğer değişken kuvvet için de tekrar ediniz.



Basamaklar:

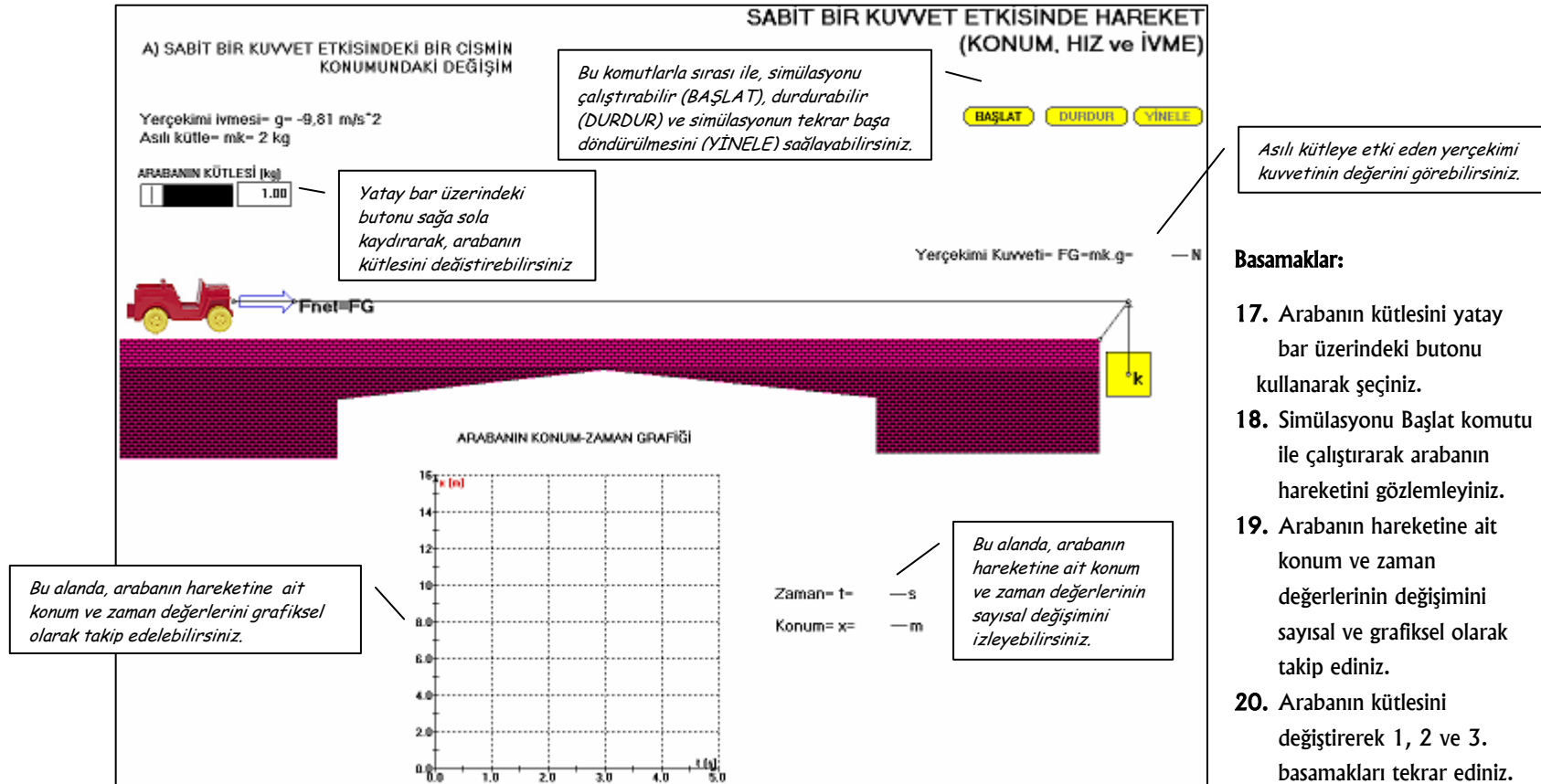
13. Arabaya etki etmesini istediğiniz değişken kuvveti yatay bar üzerindeki butonu kullanarak seçiniz.
14. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak arabanın hareketini gözlemleyiniz.
15. Arabanın konum, hız ve ivmesinin zamanla nasıl değiştiğini inceleyiniz.
16. 13, 14 ve 15. basamakları diğer değişken kuvvet için de tekrar ediniz.

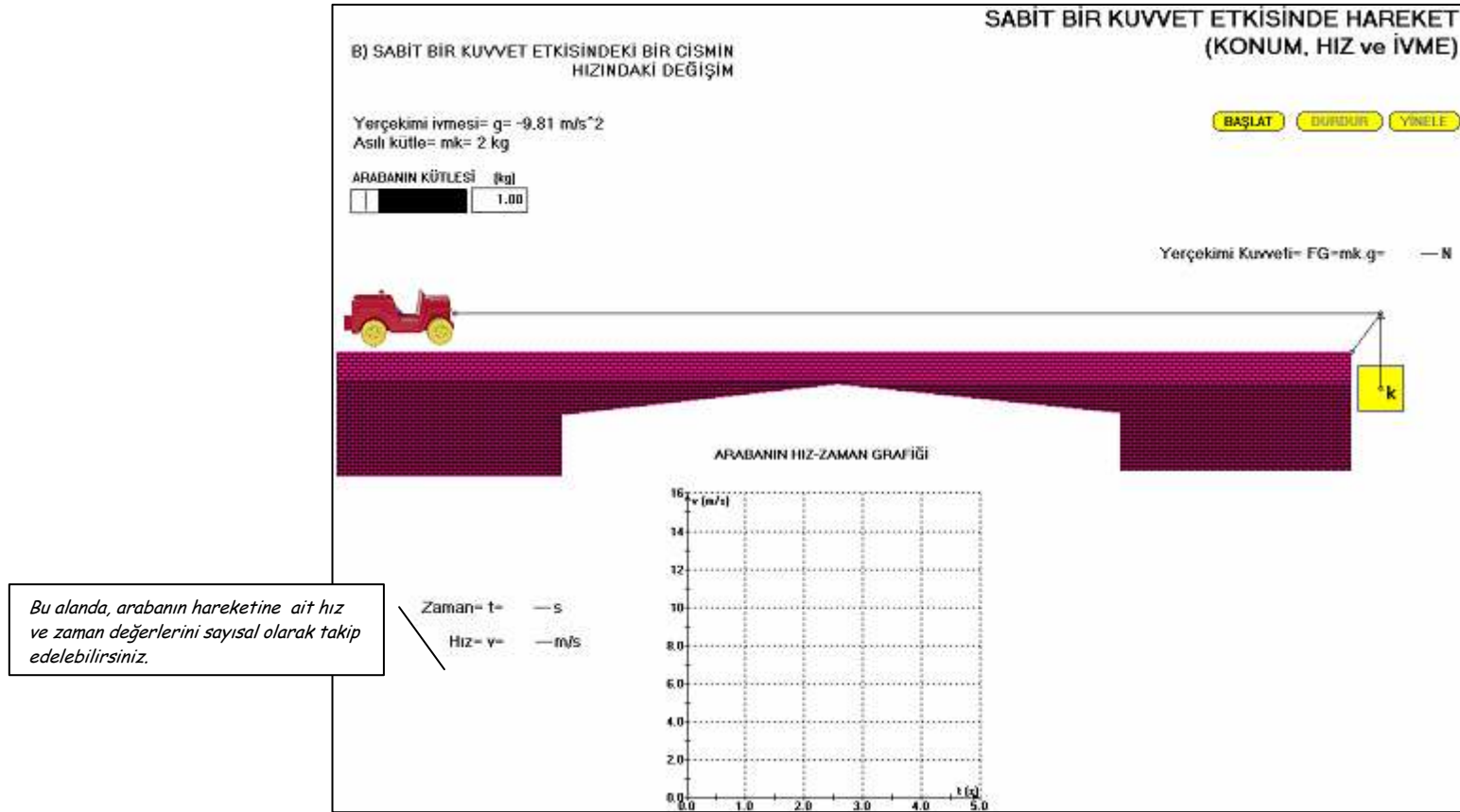
Simülasyon No: 2

Simülasyonun Adı: Sabit bir kuvvet etkisinde hız değişimleri

Simülasyonun Amacı: Hareket halinde veya durgun haldeki bir cisme uygulanan sabit kuvvet ile ivme arasındaki ilişkiyi incelemek.

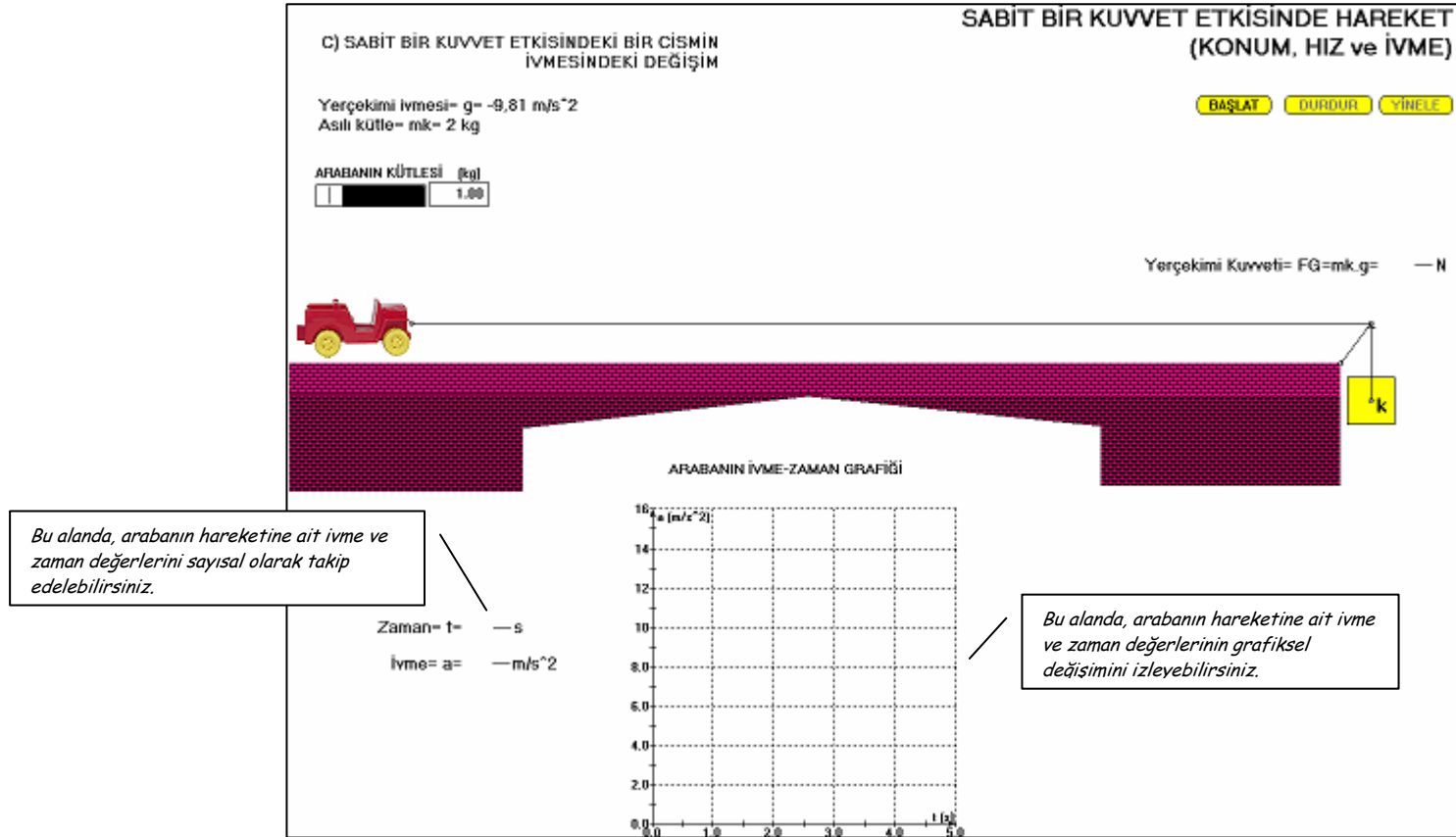
Simülasyonun Çalıştırılması:





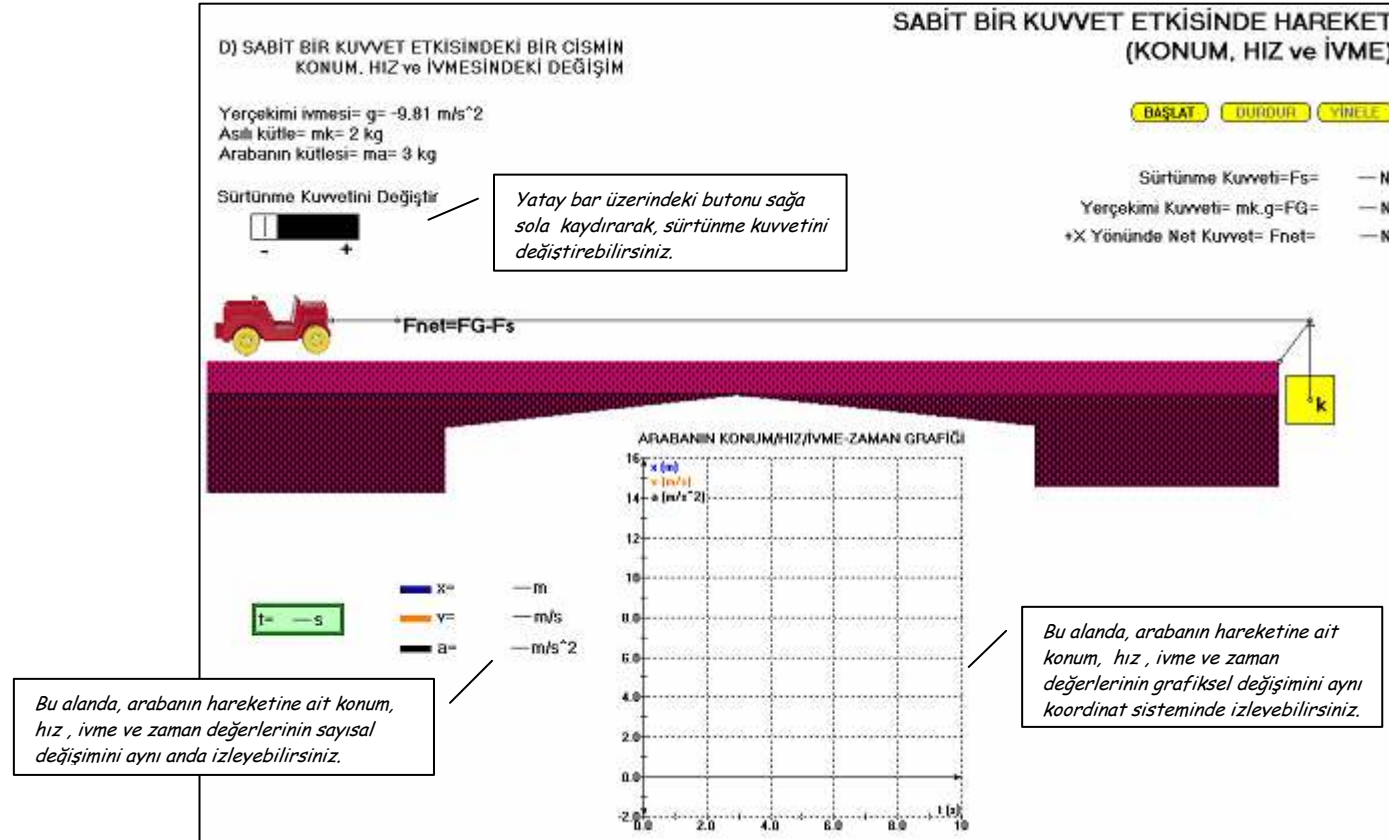
Basamaklar:

21. Arabanın kütlesini yatay bar üzerindeki butonu kullanarak seçiniz.
22. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak arabanın hareketini gözlemleyiniz.
23. Arabanın hareketine ait hız ve zaman değerlerinin değişimini sayısal ve grafiksel olarak takip ediniz.
24. Arabanın kütlesini değiştirerek 5. 6 ve 7. basamakları tekrar ediniz.



Basamaklar:

9. Arabanın kütleini düşey bar üzerindeki butonu kullanarak seçiniz.
10. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak arabanın hareketini gözlemleyiniz.
11. Arabanın hareketine ait ivme ve zaman değerlerinin değişimini sayısal ve grafiksel olarak takip ediniz.
12. Arabanın kütleini değiştirerek 9, 10 ve 11. basamakları tekrar ediniz.



Basamaklar:

13. Sürtünme kuvvetini yatay bar üzerindeki butonu kullanarak seçiniz.
14. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak arabanın hareketini gözlemleyiniz..
15. Arabanın hareketine ait konum, hız, ivme ve zaman değerlerinin değişimini sayısal ve grafiksel olarak takip ediniz.
16. Sürtünme kuvvetini değiştirerek 13, 14 ve 15. basamakları tekrar ediniz.

E) SABİT BİR KUVVETİN ORTADAN KALKMASI DURUMUNDA CİSMİN HAREKETİNDEKİ DEĞİŞİM

SABİT BİR KUVVET ETKİSİNDE HAREKET (KONUM, HIZ ve İVME)

Başlat
Durdur
Yinele

Bu alanda, arabanın (A) hareketine ait konum, hız, ivme ve zaman değerlerinin sayısal değişimini aynı anda izleyebilirsiniz.

Zaman= t= — s
Konum= x= — m
Hız= v= — m/s
İvme= a= — m/s²
A Üzerindeki Net Kuvvet= F_{xa}= — N

Arabaya (A) etki eden net kuvvetin değerini sayısal olarak takip edebilirsiniz.

F_x= 30 N

Bu alanda, arabanın hareketine ait konum, hız, ivme ve zaman değerlerinin grafiksel değişimini izleyebilirsiniz.

Grafikleri Sil

Yatay bar üzerindeki butonu sağa sola sürükleyerek grafikleri silebilirsiniz.

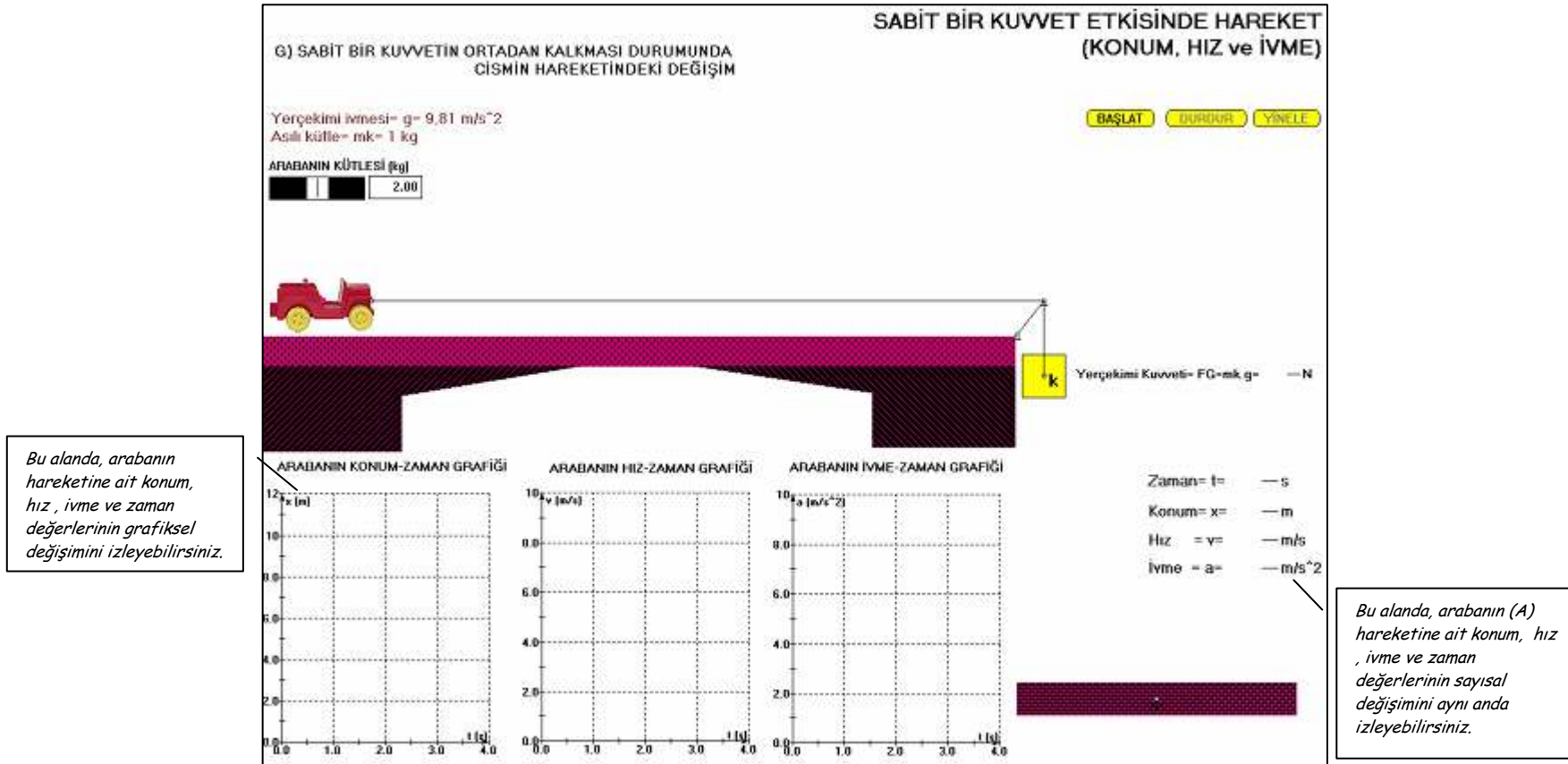
A'NIN KONUM-ZAMAN GRAFIĞI

A'NIN HIZ-ZAMAN GRAFIĞI

A'NIN İVME-ZAMAN GRAFIĞI

Basamaklar:

21. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak arabaların hareketini gözlemleyiniz..
22. A arabasının hareketine ait konum, hız, ivme ve zaman değerlerinin değişimini sayısal ve grafiksel olarak takip ediniz.
23. Grafikleri silerek 21 ve 22. basamakları tekrar ediniz.



Basamaklar:

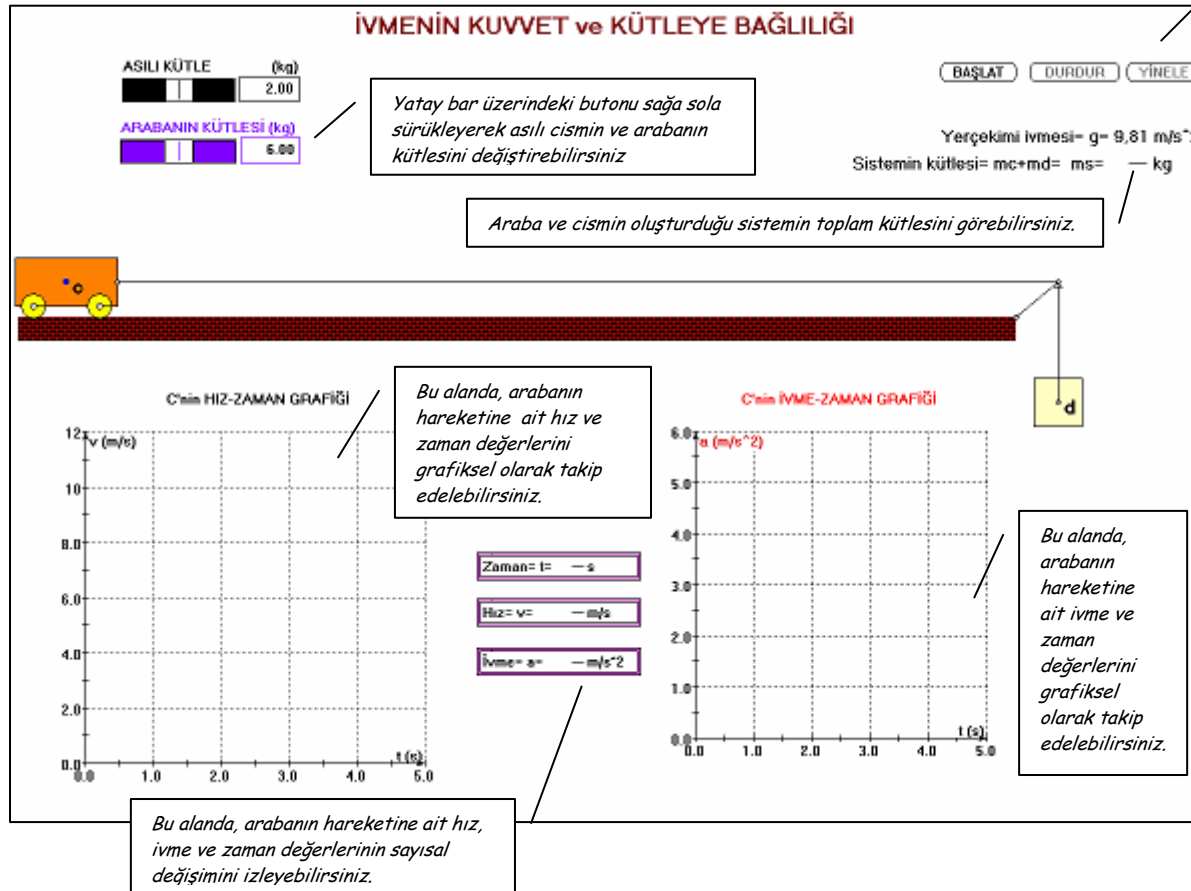
24. Arabanın kütleini düşey bar üzerindeki butonu kullanarak seçiniz.
25. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak arabanın hareketini gözlemleyiniz..
26. Arabanın hareketine ait konum, hız, ivme ve zaman değerlerinin değişimini sayısal ve grafiksel olarak takip ediniz.
27. Arabanın kütleini değiştirerek 24, 25 ve 26. basamakları tekrar ediniz.

Simülasyon No: 3

Simülasyonun Adı: İvmenin kuvvet ve kütleye bağılılığı

Simülasyonun Amacı: İvmenin değişen kuvvete ve değişen kütleye karşı aldığı değerleri incelemek.

Simülasyonun Çalıştırılması:



Bu komutlarla sırası ile, simülasyonu çalıştırabilir (BAŞLAT), durdurabilir (DURDUR) ve simülasyonun tekrar başa döndürülmesini (YİNELE) sağlayabilirsiniz.

Basamaklar:

1. Arabanın ve cismin kütlelerini yatay barlar üzerindeki butonları kullanarak seçiniz.
2. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak ve arabanın hareketini gözlemleyiniz.
3. Arabanın hız ve ivmesinin zamanla nasıl değiştiğini inceleyiniz.
4. Sistemin ivmesinin ve hızının ne olabileceğini düşününüz.
5. Arabanın ve asılı cismin kütlelerini değiştirerek 1, 2, 3 ve 4. basamakları tekrar ediniz.

İVMENİN KUVVET ve KÜTLEYE BAĞLILIĞI

BAŞLAT DURDUR YINELE

Bu alanda, arabanın ve asılı cismin kütlelerindeki değişimi sayısal olarak görebilirsiniz. Bununla birlikte araba ve cismin oluşturduğu sistemin toplam kütesinin değişmediğine dikkat ediniz.

Yerçekimi ivmesi= $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
 C'nin kütlesi= $m_c =$ — kg
 D'nin kütlesi= $m_d =$ — kg
 Sistemin kütlesi= $m_c + m_d = m_s =$ — kg

Yerçekimi Kuvveti= $m \cdot g = FG =$ — N

C'nin HIZ-ZAMAN GRAFIĞI

C'nin İVME-ZAMAN GRAFIĞI

Zaman= $t =$ — s
 Hız= $v =$ — m/s
 İvme= $a =$ — m/s²

Grafikleri Sil

Bu alanda, arabanın hareketine ait hız ve zaman değerlerini grafiksel olarak takip edebilirsiniz.

Yatay bar üzerindeki butonu sağa sola sürükleyerek grafikleri silebilirsiniz.

Bu alanda, arabanın hareketine ait ivme ve zaman değerlerini grafiksel olarak takip edebilirsiniz.

Asılı kütleye etki eden yerçekimi kuvvetinin değerini görebilirsiniz.

Bu komutlarla sırası ile, simülasyonu çalıştırabilir (BAŞLAT), durdurabilir (DURDUR) ve simülasyonun tekrar başa döndürülmesini (YINELE) sağlayabilirsiniz.

Basamaklar:

5. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak ve arabanın hareketini gözlemleyiniz.
6. Arabanın hız ve ivmesinin zamanla nasıl değiştiğini inceleyiniz.
7. Sistemin ivmesinin ve hızının ne olabileceğini düşününüz.
8. Grafikleri silerek 5, 6 ve 7. basamakları tekrar ediniz.

Buradaki butonlarla, simülasyonu çalıştırabilir, durdurabilir ve simülasyonun tekrar başa döndürülmesini sağlayabilirsiniz.

Kuvvet ile İvme Arasındaki İlişki

Bu alanda, bir hareketliye ait kuvvet ve ivme değerlerinin grafiksel eğilimini görebilirsiniz.

Bu alanda, bir hareketliye ait kuvvet ve ivme değerlerinin değişimini sayısal olarak takip edebilirsiniz.

Bu alanda, bir hareketliye ait kuvvet ve ivme değerlerinin değişimini grafiksel takip edebilirsiniz.

Bu alanda, bir hareketliye ait kuvvet ve ivme değerlerinin değişimini tablo olarak takip edebilirsiniz.

Bu alanda, sabit tutulan değişkenleri görebilirsiniz.

Control panel: $a = 0.00$

Table 1:

	a	F	m
a	0.00	0.00	0.25
F			
m			

Graph 1:

Vertical axis: a (m/s²)

Horizontal axis: F (N)

Initial Conditions:

Parameters: case 1

Initial values: case 1

Basamaklar:

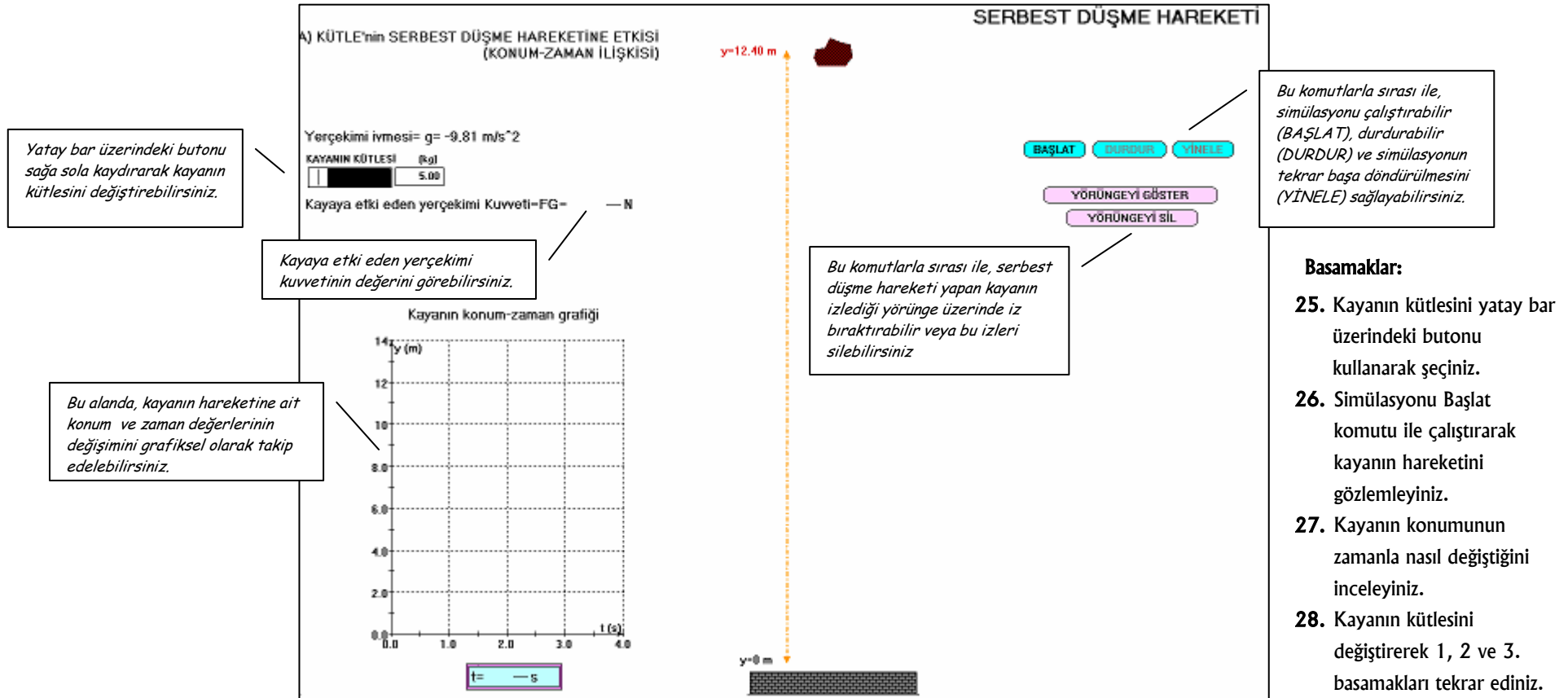
9. Arabanın kütlesini Initial Conditions penceresinde bulunan alana giriniz.
10. Control yazan penceredeki butonla simülasyonu çalıştırarak kuvvet ve ivme arasındaki ilişkiyi inceleyiniz.
11. Arabanın kütlesini değiştirerek 9 ve 10. basamakları tekrar ediniz.

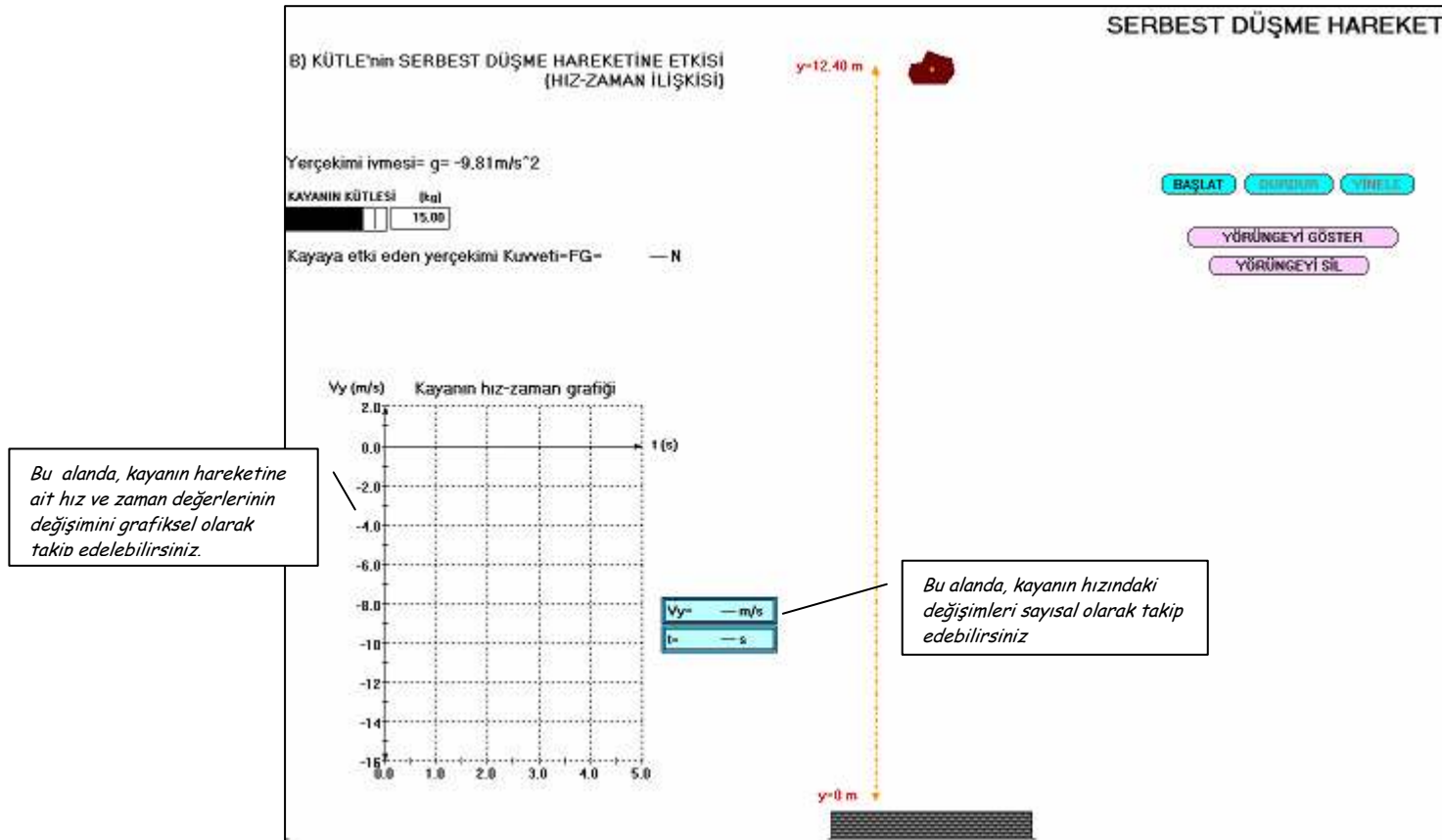
Simülasyon No: 4

Simülasyonun Adı: Serbest düşme hareketi

Simülasyonun Amacı: Serbest düşme hareketini incelemek.

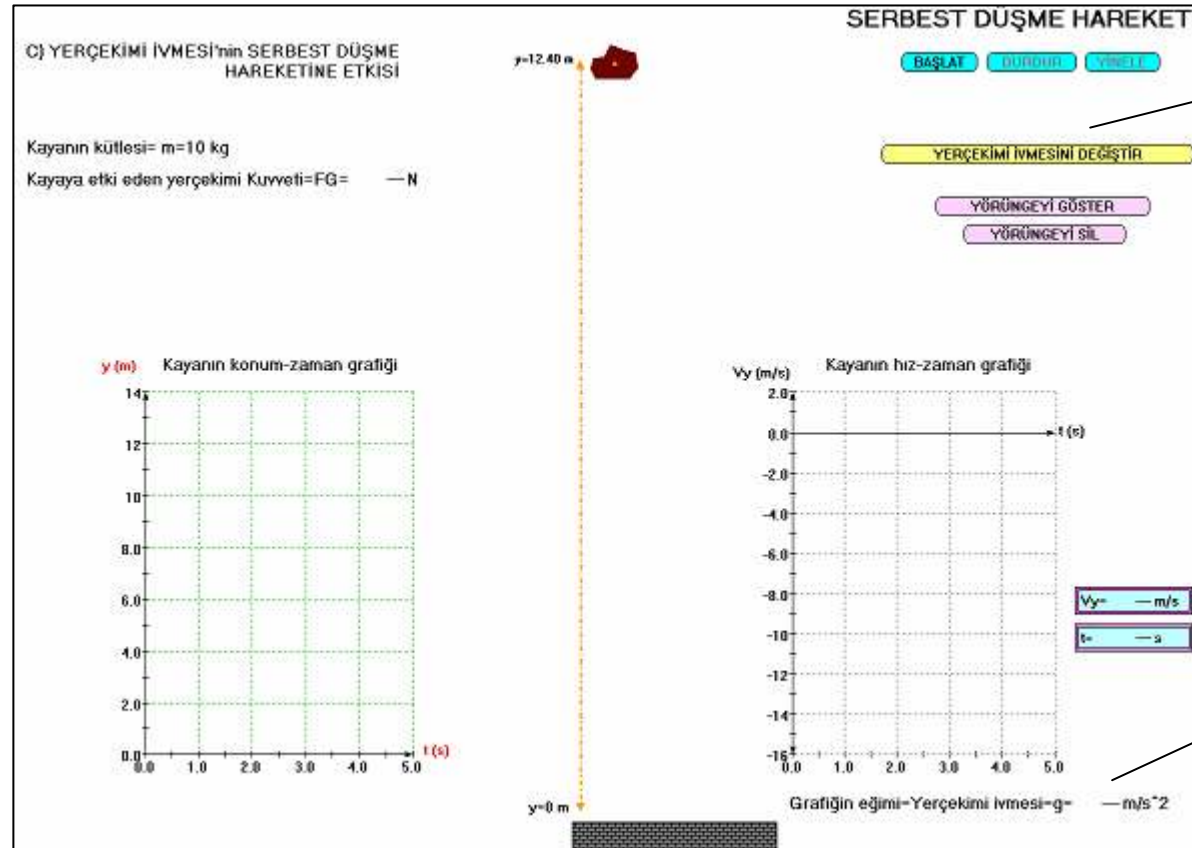
Simülasyonun Çalıştırılması:





Basamaklar:

5. Kayanın kütleini yatay bar üzerindeki butonu kullanarak seçiniz
6. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak kayanın hareketini gözlemleyiniz.
7. Kayanın hızının zamanla nasıl değiştiğini inceleyiniz.
8. Kayanın kütleini değiştirerek 5, 6 ve 7. basamakları tekrar ediniz.

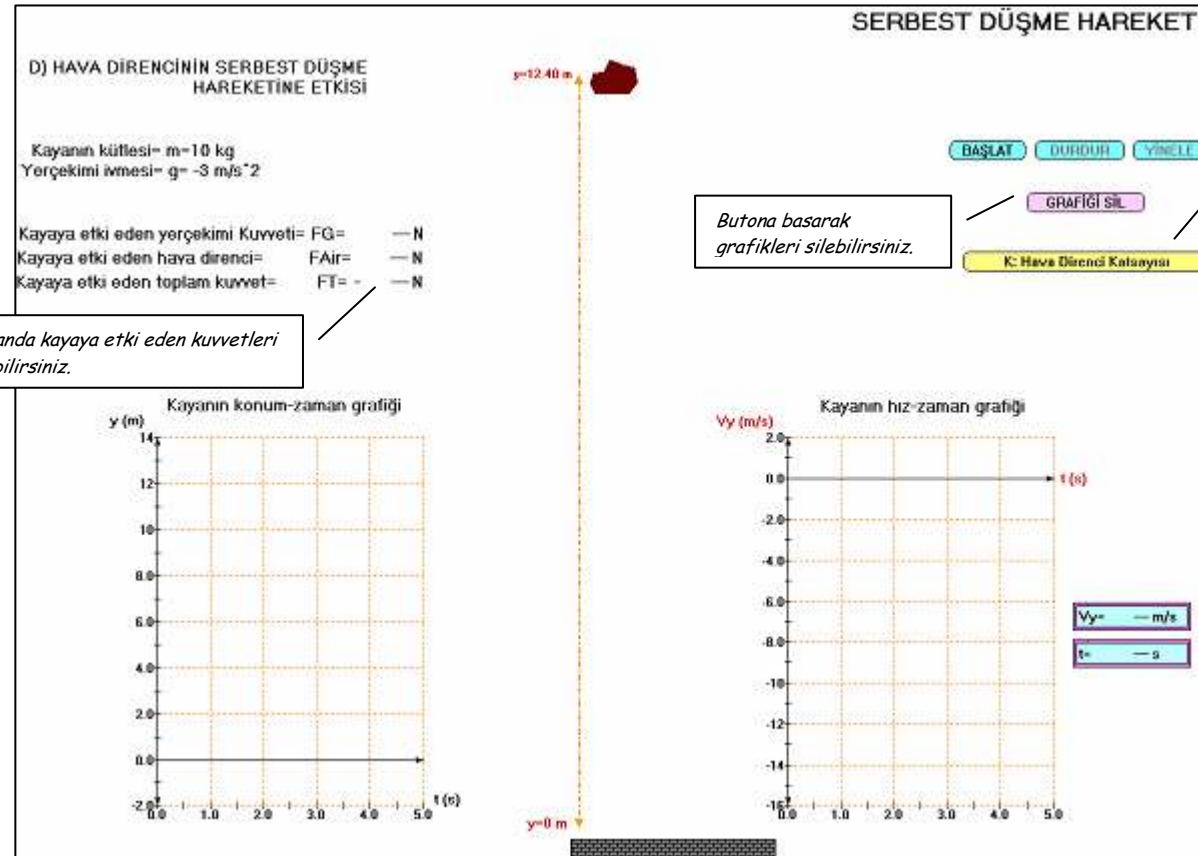


Bu butonu tıklayarak ortamın yerçekimi ivmesini değiştirebilirsiniz.

Bu alanda, hız ve zaman grafiğinin eğiminin yerçekimi ivmesine eşit olduğunu görebilirsiniz.

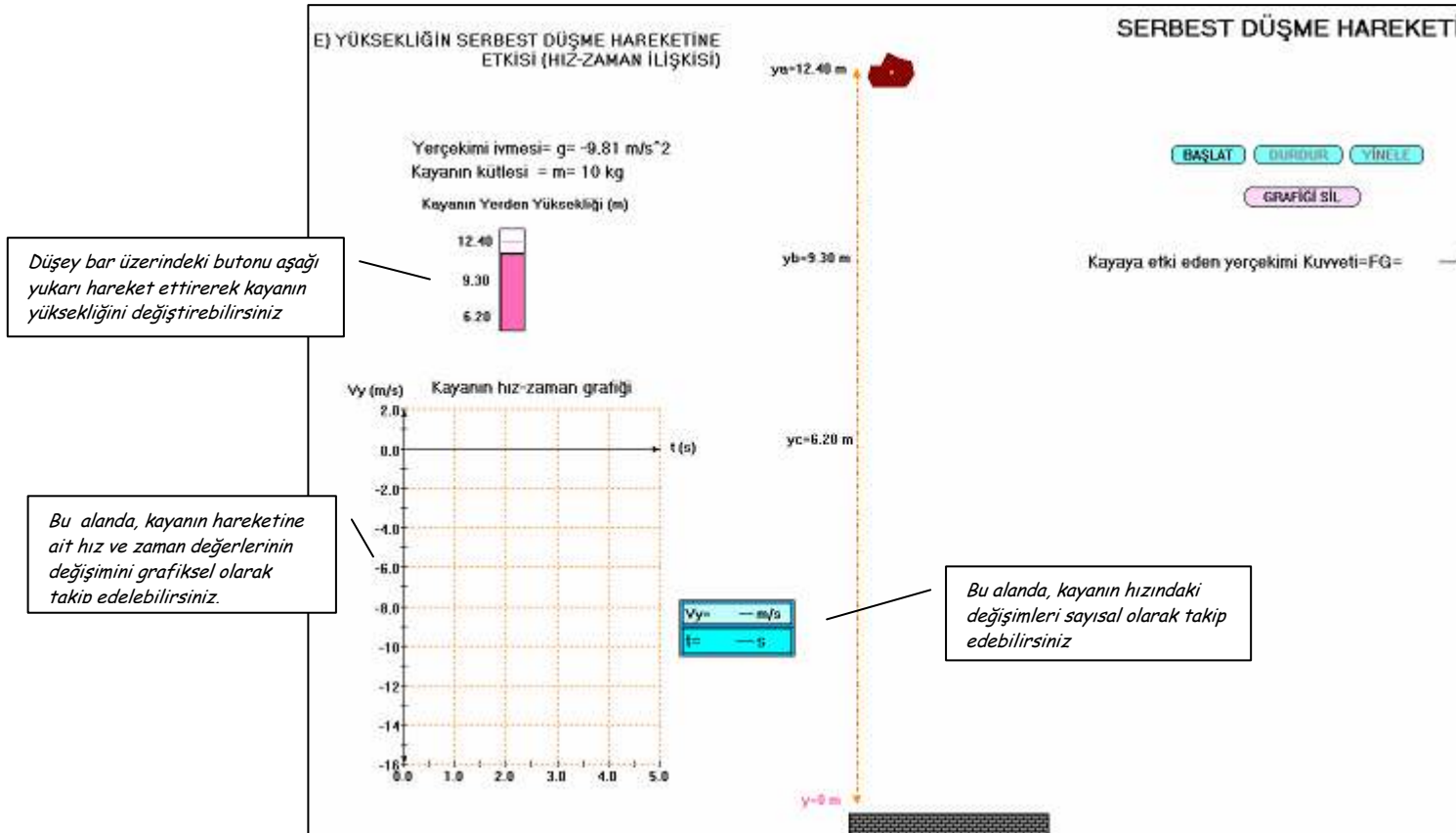
Basamaklar:

9. Yerçekimi ivmesinin değerini Yerçekimi İvmesi butonunu kullanarak seçiniz.
10. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak kayanın hareketini gözlemleyiniz.
11. Kayanın konum ve hızının zamanla nasıl değiştiğini inceleyiniz.
12. Yerçekimi ivmesinin değerini değiştirerek 9, 10 ve 11. basamakları tekrar ediniz.



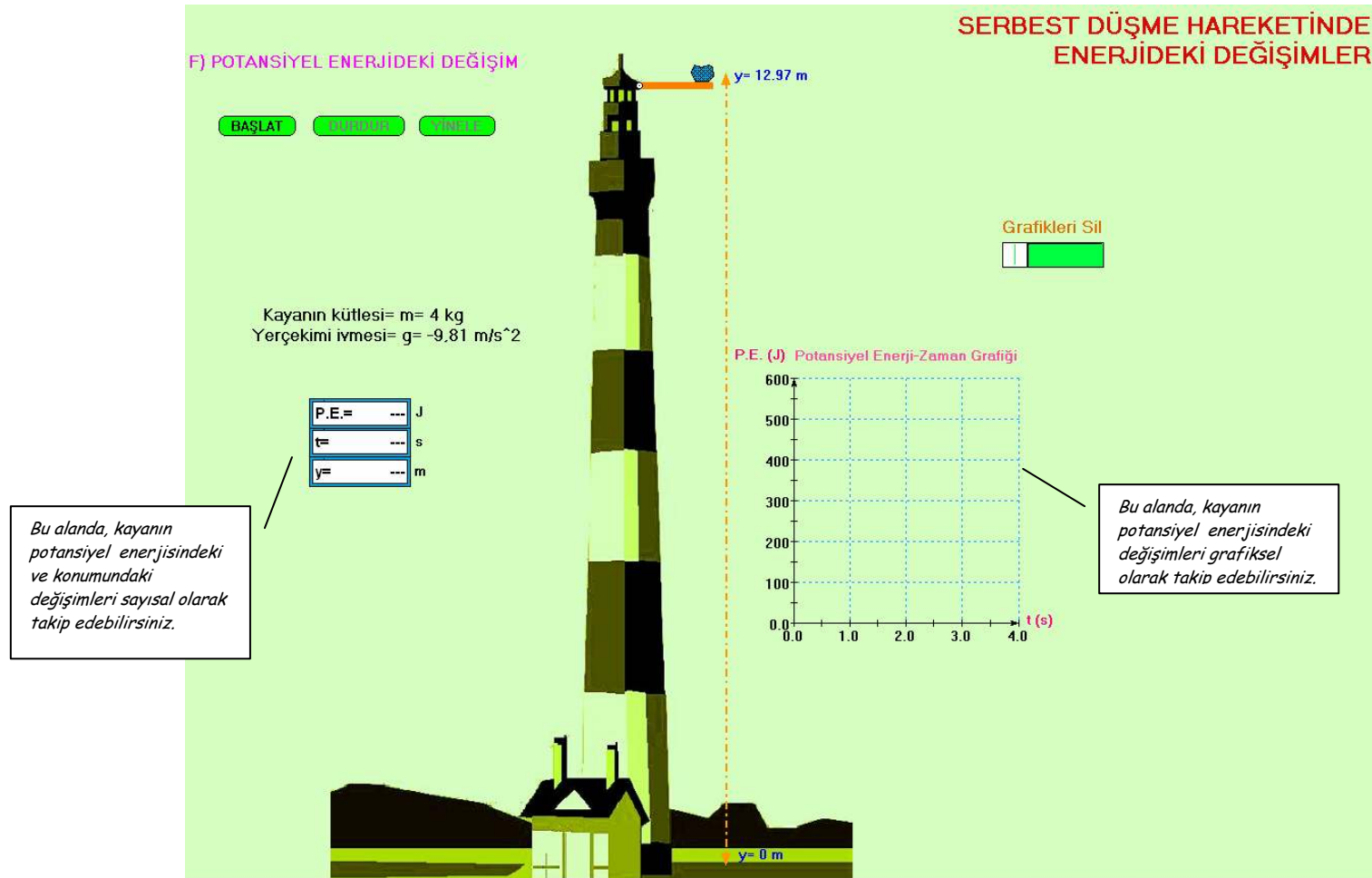
Basamaklar:

13. Ortamın hava direncini K: Hava Direnci Katsayısı butonunu kullanarak belirleyiniz.
14. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak ve kayanın hareketini gözlemleyiniz.
15. Kayanın konum ve hızının zamanla nasıl değiştiğini inceleyiniz.
16. Hava direnci katsayısının değerini değiştirerek 13, 14 ve 15. basamakları tekrar ediniz.



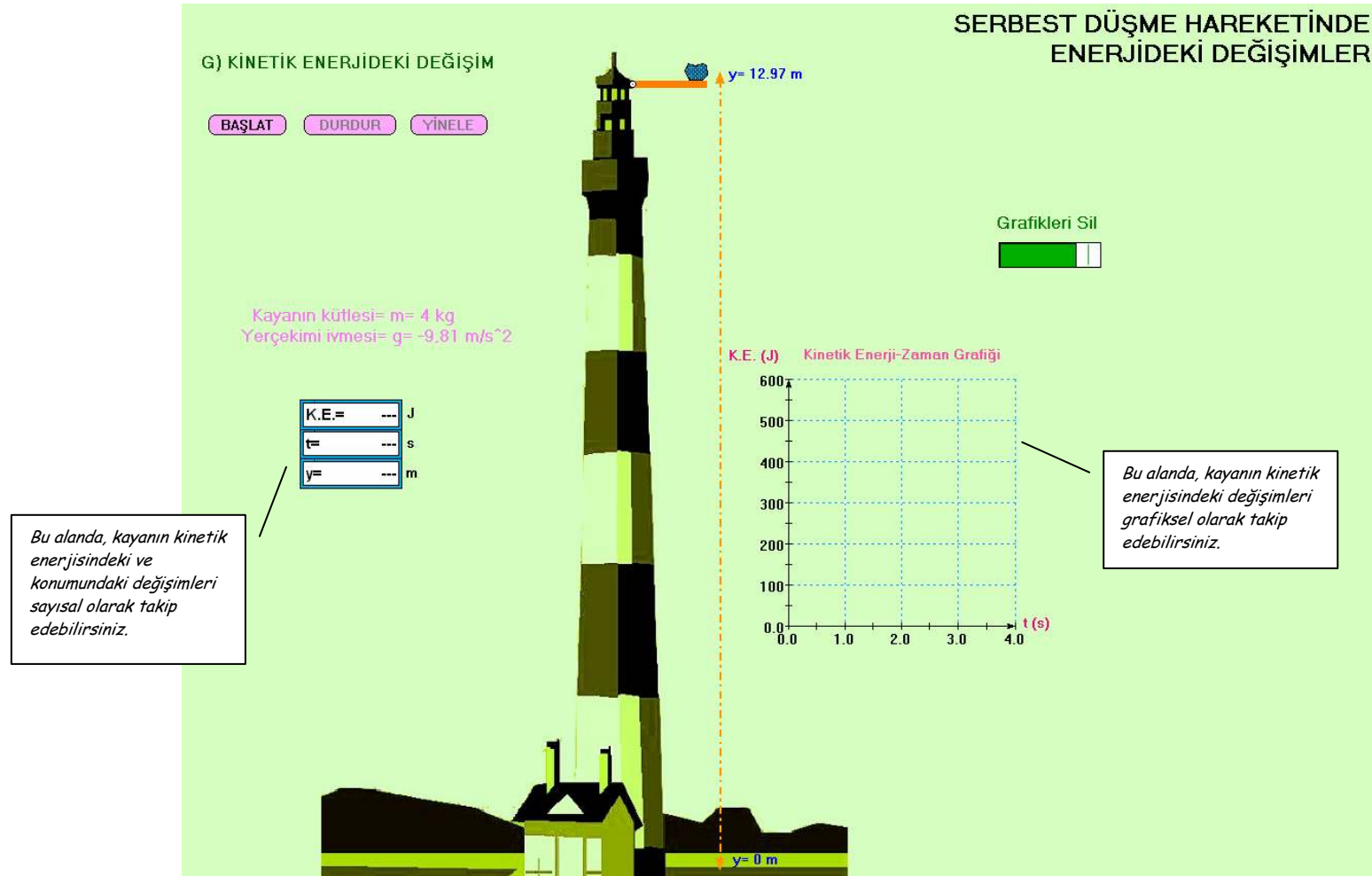
Basamaklar:

17. Kayanın yüksekliğini düşey bar üzerindeki butonu kullanarak seçiniz.
18. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak kayanın hareketini gözlemleyiniz.
19. Kayanın konum ve hızının zamanla nasıl değiştiğini inceleyiniz.
20. Kayanın yüksekliğini değiştirerek 17, 18 ve 19. basamakları tekrar ediniz.



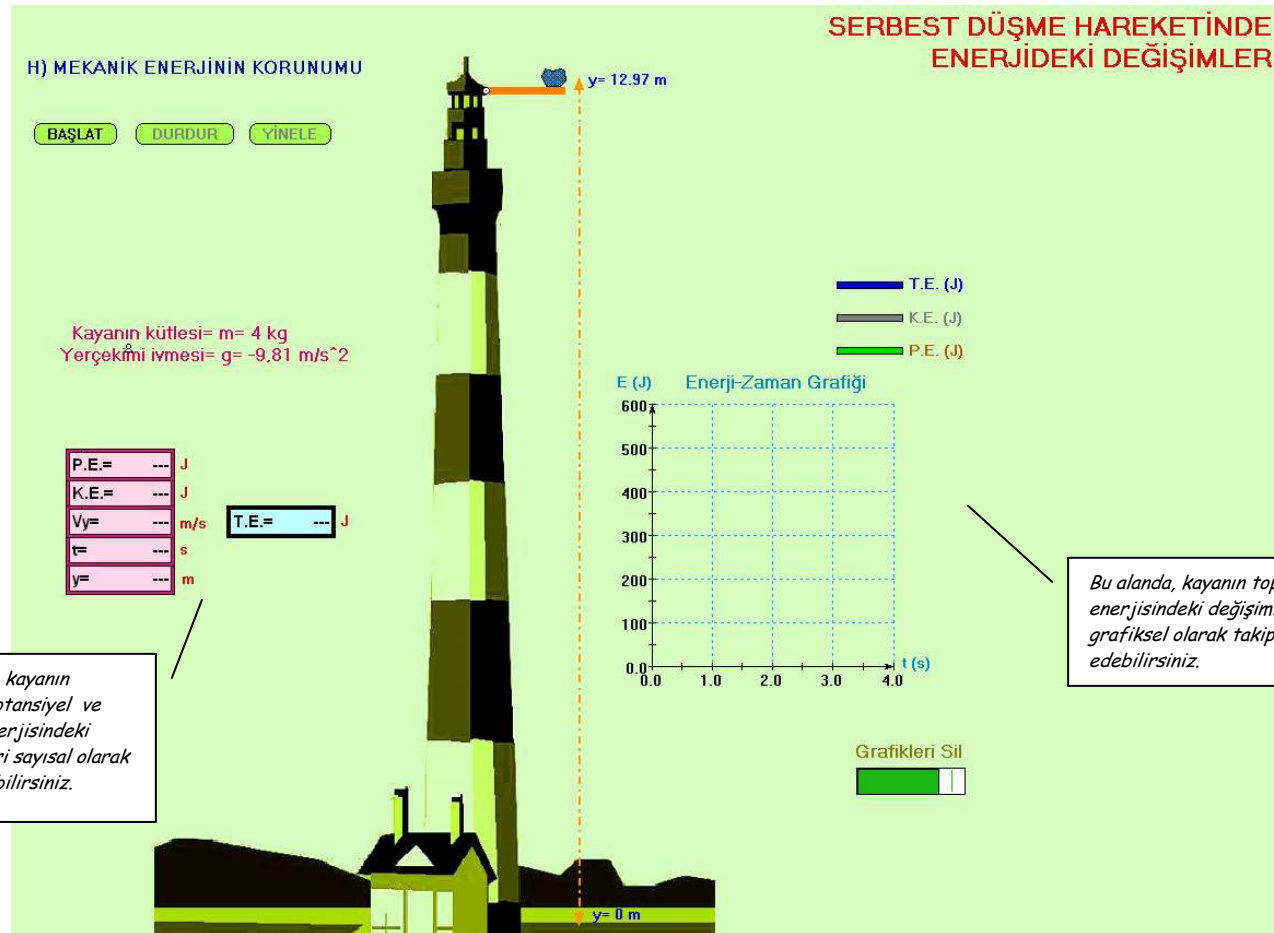
Basamaklar:

21. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak kayanın hareketini gözlemleyiniz.
22. Kayanın potansiyel enerjisinin zamana ve yüksekliğe bağlı olarak nasıl değiştiğini inceleyiniz.
23. Grafikleri silerek 21 ve 22. basamakları tekrar ediniz.



Basamaklar:

24. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak kayanın hareketini gözlemleyiniz.
25. Kayanın kinetik enerjisinin zamana ve yüksekliğe bağlı olarak nasıl değiştiğini inceleyiniz.
26. Grafikleri silerek 24 ve 25. basamakları tekrar ediniz.



Basamaklar:

27. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak kayanın hareketini gözlemleyiniz.
28. Kayanın toplam enerjisinin zamana ve yüksekliğe bağlı olarak nasıl değiştiğini inceleyiniz.
29. Grafikleri silerek 27 ve 28. basamakları tekrar ediniz.

Simülasyon No: 5

Simülasyonun Adı: Merkezci kuvvet

Simülasyonun Amacı: Dairesel hareketin incelenmek.

Simülasyonun Çalıştırılması:

A) DÖNME HIZININ MERKEZCİL KUVVETE ETKİSİ

Zaman= t — s

Merkezcil İvme= $|A|$ — m/s^2

Merkezcil Kuvvet= $|FT|$ — N

DAİRESEL HAREKET

BAŞLAT DURDUR YİNELE

YÖRÜNGEYİ GÖSTER

YÖRÜNGEYİ SİL

Cismin kütlesi $m=3$ kg

Yörünge yarıçapı $R=4$ m

Dönme Hızı= ω (m/s)

10.00

Bu komutlarla sırası ile, simülasyonu çalıştırabilir (BAŞLAT), durdurabilir (DURDUR) ve simülasyonun tekrar başa döndürülmesini (YİNELE) sağlayabilirsiniz.

Bu alanda, dairesel hareket yapan cisme etki eden merkezcil kuvveti ve cismin sahip olduğu ivme değerini sayısal olarak takip edebilirsiniz.

Yatay üzerindeki butonu sağa sola kaydırarak, cismin dönme hızını değiştirebilirsiniz.

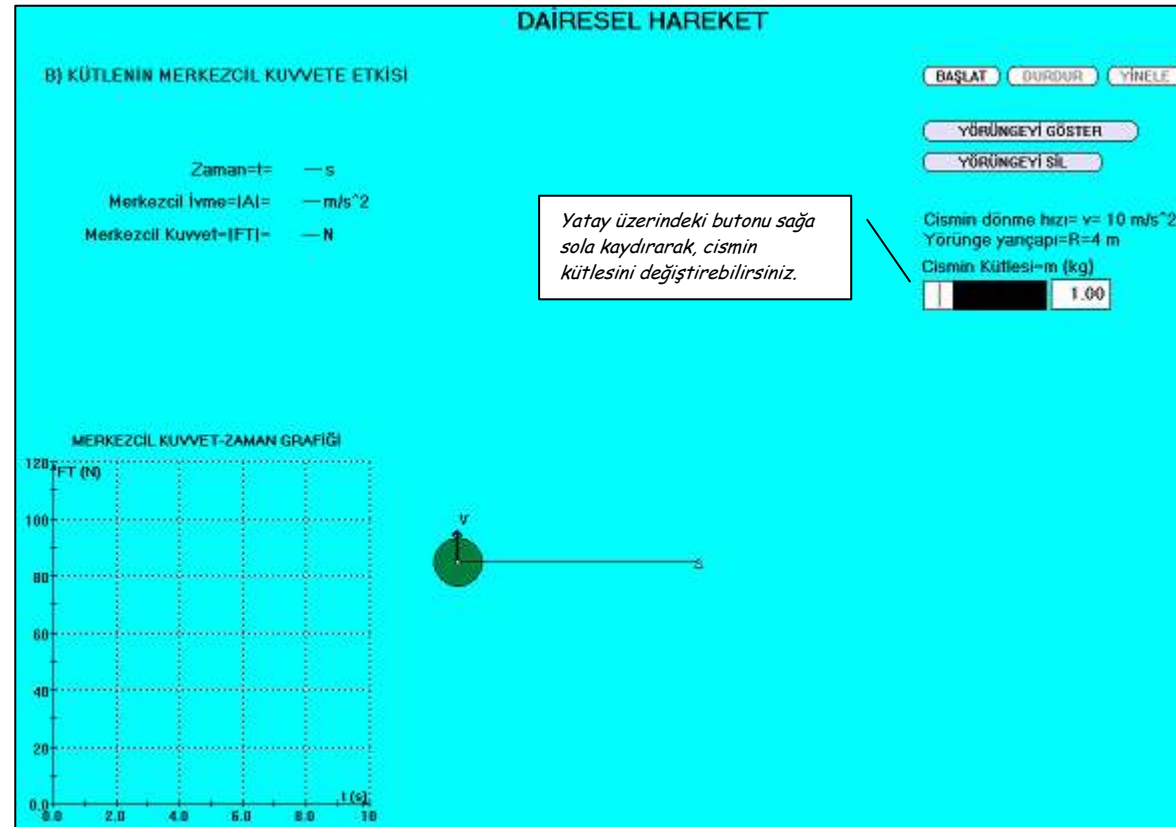
Bu komutlarla dairesel hareket yapan cismin izlediği yörünge üzerinde iz bırakabilir veya bu izleri silebilirsiniz.

MERKEZCİL KUVVET-ZAMAN GRAFİĞİ

Bu alanda, dairesel hareket yapan cisme etki eden merkezcil kuvvetin zamanla değişimini grafiksel olarak takip edebilirsiniz.

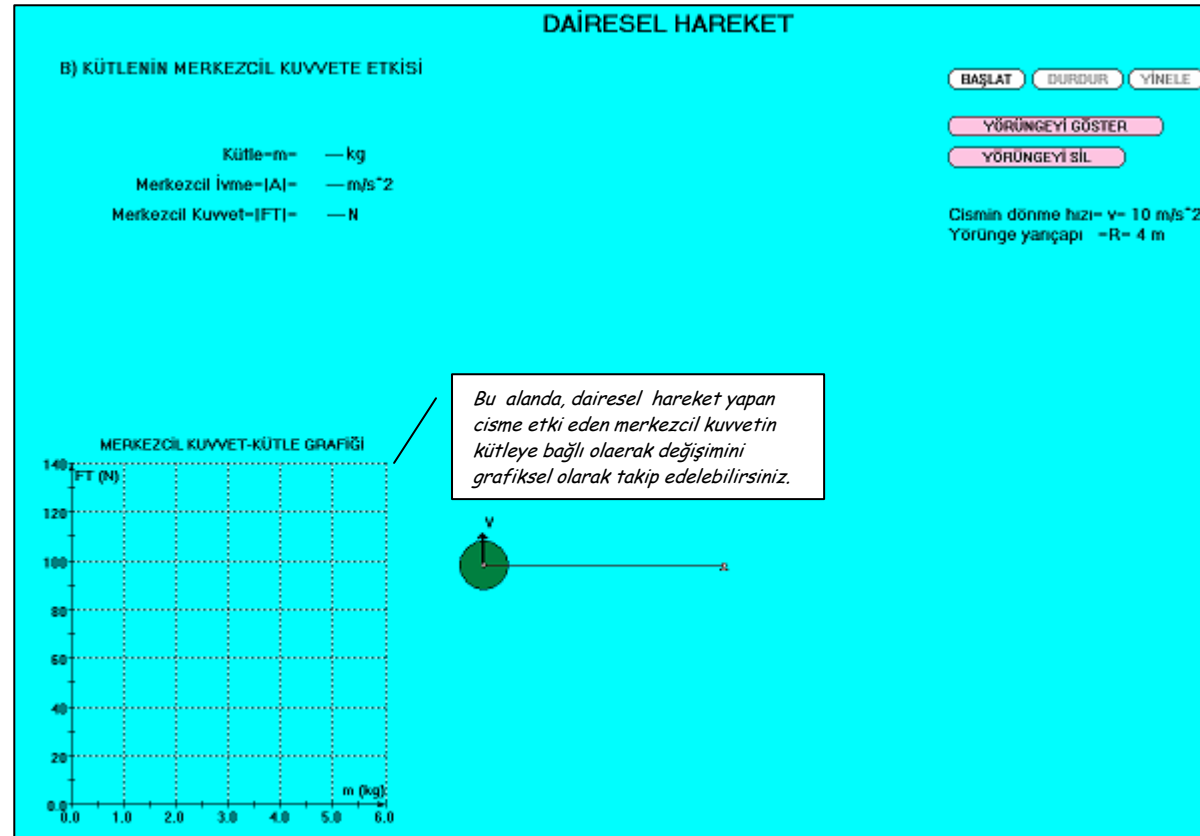
Basamaklar:

29. Cismin dönme hızını yatay bar üzerindeki butonu kullanarak seçiniz.
30. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak cismin hareketini gözlemleyiniz.
31. Cismin ivmesinin ve etkisinde kaldığı merkezcil kuvvetin zamanla nasıl değiştiğini inceleyiniz.
32. Cismin dönme hızını değiştirerek 1, 2 ve 3. basamakları tekrar ediniz.



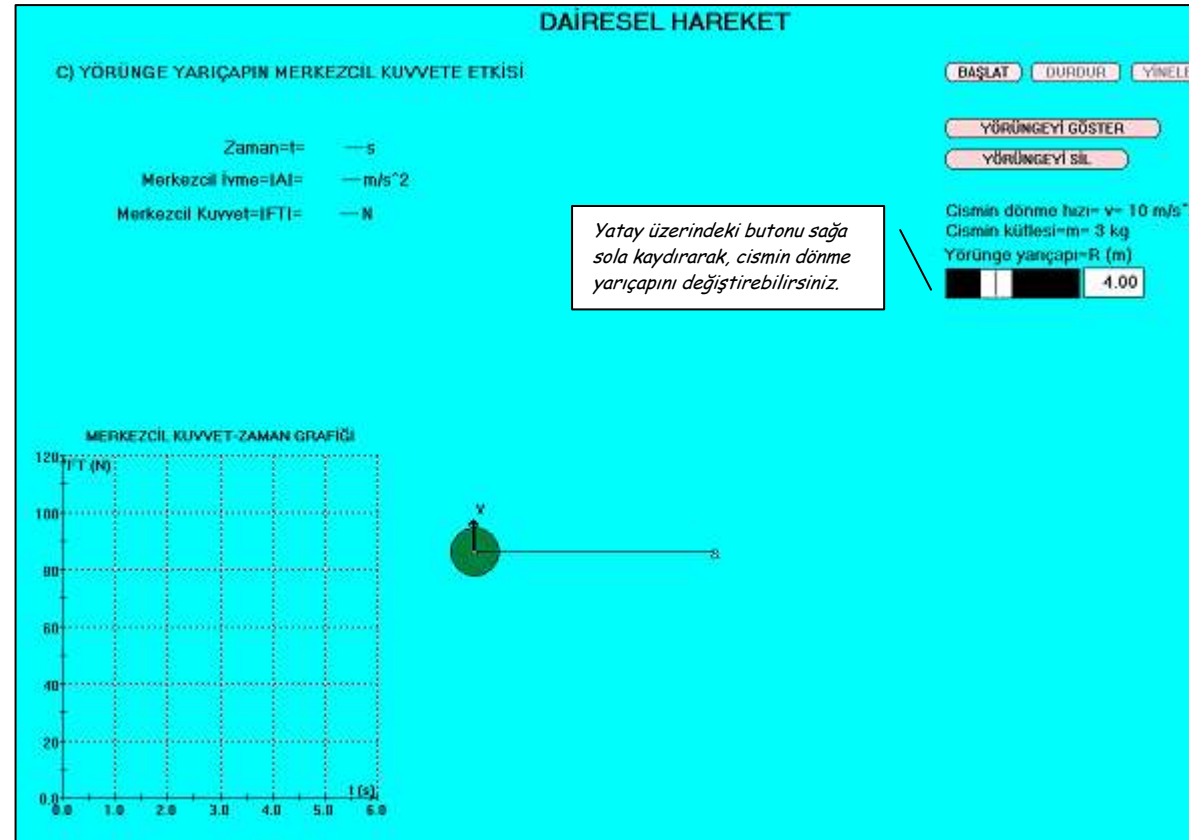
Basamaklar:

5. Cismin kütlesini dikey bar üzerindeki butonu kullanarak seçiniz.
6. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak cismin hareketini gözlemleyiniz.
7. Cismin ivmesinin ve etkisinde kaldığı merkezci kuvvetin zamanla nasıl değiştiğini inceleyiniz.
8. Cismin kütlesini değiştirerek 5, 6 ve 7. basamakları tekrar ediniz.



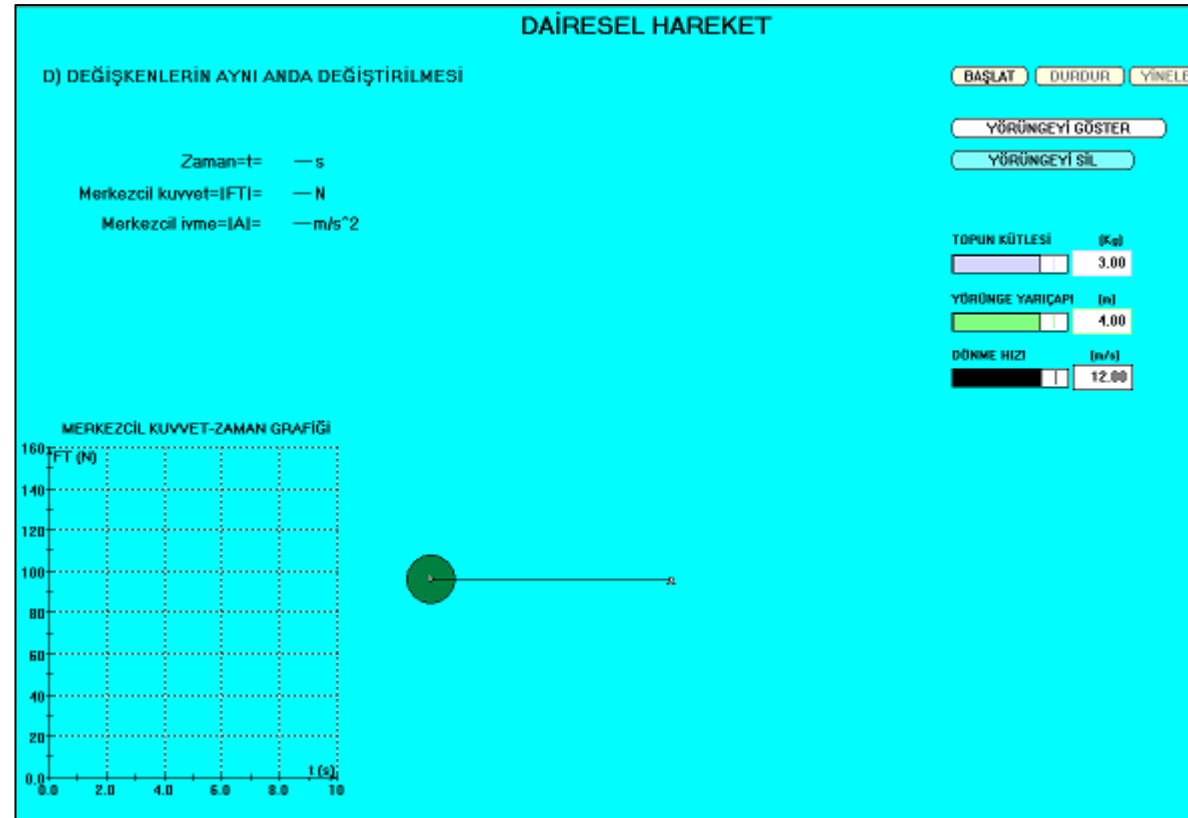
Basamaklar:

9. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak cismin hareketini gözlemleyiniz.
10. Cismin ivmesinin ve etkisinde kaldığı merkezci kuvvetin kütleyle bağılı olarak nasıl değiştiğini inceleyiniz.



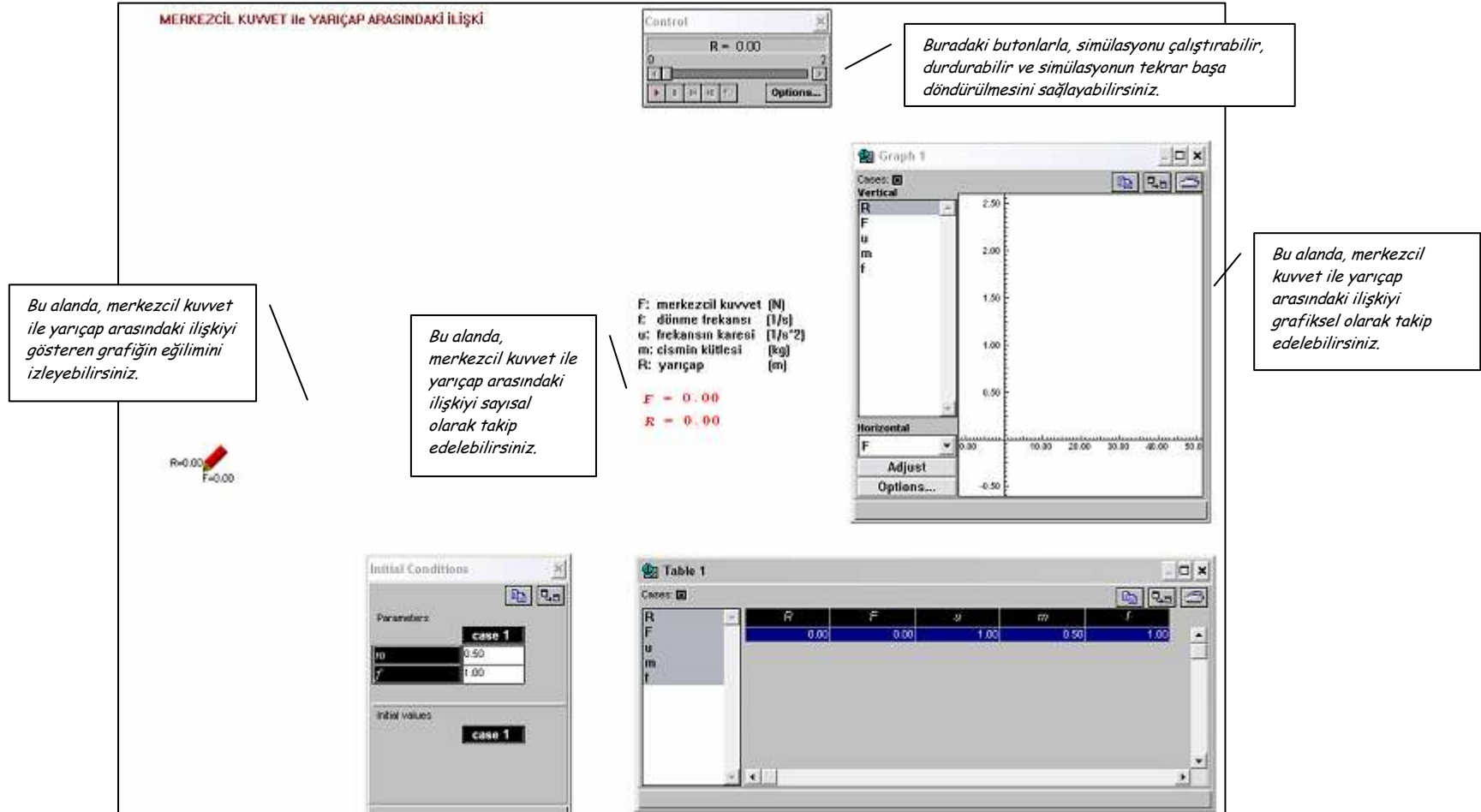
Basamaklar:

11. Yarıçap değerini yatay bar üzerindeki butonu kullanarak seçiniz.
12. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak cismin hareketini gözlemleyiniz.
13. Cismin ivmesinin ve etkisinde kaldığı merkezci kuvvetin zamanla nasıl değiştiğini inceleyiniz.
14. Yarıçap değerini değiştirerek 11, 12 ve 13. basamakları tekrar ediniz.



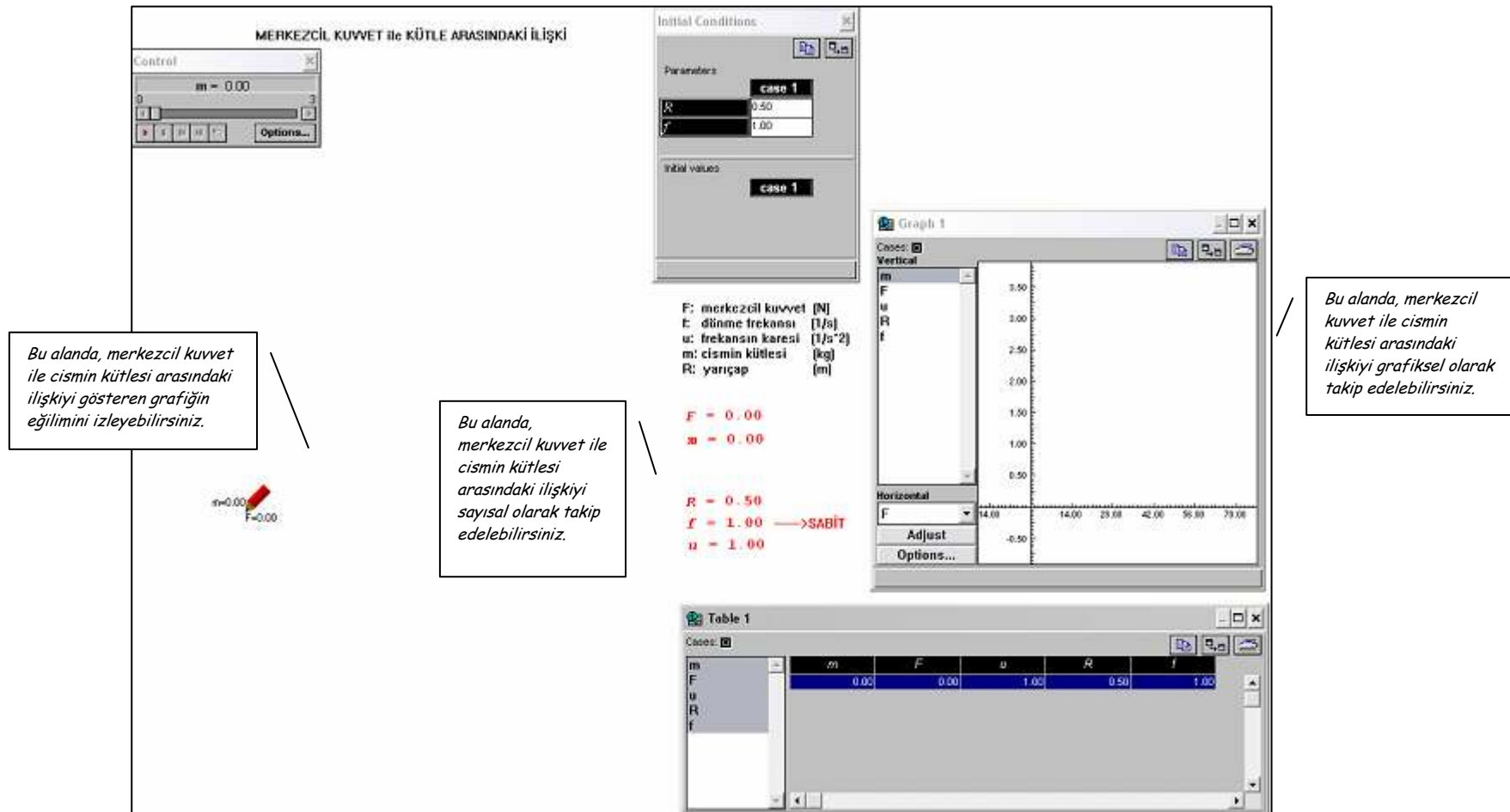
Basamaklar:

15. Dönme hızı, kütle ve yarıçap değerlerini yatay barlar üzerindeki butonları kullanarak seçiniz.
16. Simülasyonu Başlat komutu ile çalıştırarak cismin hareketini gözlemleyiniz.
17. Cismin ivmesinin ve etkisinde kaldığı merkezci kuvvetin zamanla nasıl değiştiğini inceleyiniz.
18. Dönme hızı, kütle ve yarıçap değerlerini değiştirerek 15, 16 ve 17. basamakları tekrar ediniz.



Basamaklar:

19. Frekans ve kütle değerlerini Initial Conditions penceresinde bulunan alana giriniz.
20. Control yazan penceredeki butonla simülasyonu çalıştırarak merkezciil kuvvet ile yarıçap arasındaki ilişkiyi inceleyiniz.
21. Frekans ve kütle değerlerini değiştirerek 19 ve 20. basamakları tekrar ediniz.



Basamaklar:

22. Frekans ve yarıçap değerlerini Initial Conditions penceresinde bulunan alana giriniz.
23. Control yazan penceredeki butonla simülasyonu çalıştırarak merkezci kuvvet ile kütle arasındaki ilişkiyi inceleyiniz.
24. Frekans ve yarıçap değerlerini değiştirerek 22 ve 23. basamakları tekrar ediniz.

MERKEZCİL KUVVETİN FREKANS BAĞLIĞI

Bu alanda, sabit tutulan değişkenleri

Bu alanda, merkezci kuvvetin değişimine bağlı olarak frekans ve frekansın karesindeki değişimin grafiksel eğilimini görebilirsiniz.

Bu alanda, merkezci kuvvetin değişimine bağlı olarak frekans ve frekansın karesinin değişimini sayısal olarak takip

Bu alanda, dairesel hareketteki değişimlerin değişimini tablo olarak takip edebilirsiniz.

Initial Conditions

Parametere: **case 1**

m	0.50
R	0.50

Initial values: **case 1**

Hide window.

Control

$f = 0.00$

Graph 2

Cases: **Vertical**

f	3.50
F	3.00
u	2.50
m	2.00
R	1.50

Horizontal: **F**

Adjust

Options...

Tablo 1

f	0.00	F	0.00	u	0.00	m	0.50	R	0.50
---	------	---	------	---	------	---	------	---	------

Basamaklar:

12. Kütle ve yarıçap değerlerini Initial Conditions penceresinde bulunan alana giriniz.

13. Control yazan penceredeki butonla simülasyonu çalıştırarak merkezci kuvvet ile frekans arasındaki ilişkiyi inceleyiniz.

14. Kütle ve yarıçap değerlerini değiştirerek 25 ve 26. basamakları tekrar ediniz.

EK-4

Temel Fizik (Mekanik) Laboratuvarı Deney Föyleri

DENEY 1

BİR DENEYİN ANALİZİ

1.1. DENEYİN AMACI:

Bu deney dibinde delik bulunan bir kabın içerisindeki suyun boşalma süresinin nelere bağlı olduğunun incelenmesi deneyidir. Ayrıca yapılan deney sonucu elde edilen verilerin çizelge ve grafik yoluyla ifadelerini dikkate alarak, benzer deneylerin sonuçlarını tahmin etmeye yarayan bir ifade bulabilmektir.

1.2. DENEYDE KULLANILAN ARAÇ VE GEREÇLER:

Çeşitli yüksekliklerde ve belli yarıçaplarda kaplar, zaman ölçer.

1.3. GEREKLİ TEORİK BİLGİLER:

Bu deney; dibinde delik bulunan bir kaptaki suyun boşalma süresinin incelenmesi deneyidir. Bir kaptaki suyun boşalma süresi, kabın dibindeki deliğin büyüklüğüne ve kaptaki suyun miktarına bağlıdır. Boşalma süresinin deliğin büyüklüğüne ne şekilde bağlı olduğunu bulmak için aynı ölçülerde dört silindirik su kabı alınmış ve herbirinin tabanına değişik çapta birer delik açılmıştır. Boşalma süresinin su miktarına nasıl bağlı olduğunu bulmak için ise; aynı su kaplarına farklı yüksekliklerde su konmuştur.

Çizelge 1.1.

		KAPTAKİ SU YÜKSEKLİĞİ h (cm)			
		30.0	10.0	4.0	1.0
DELİK ÇAPI d (cm)	1.5	73.0	43.5	26.7	13.5
	2.0	41.2	23.7	15.0	7.2
	3.0	18.4	10.5	6.8	3.7
	5.0	6.8	3.9	2.2	1.5

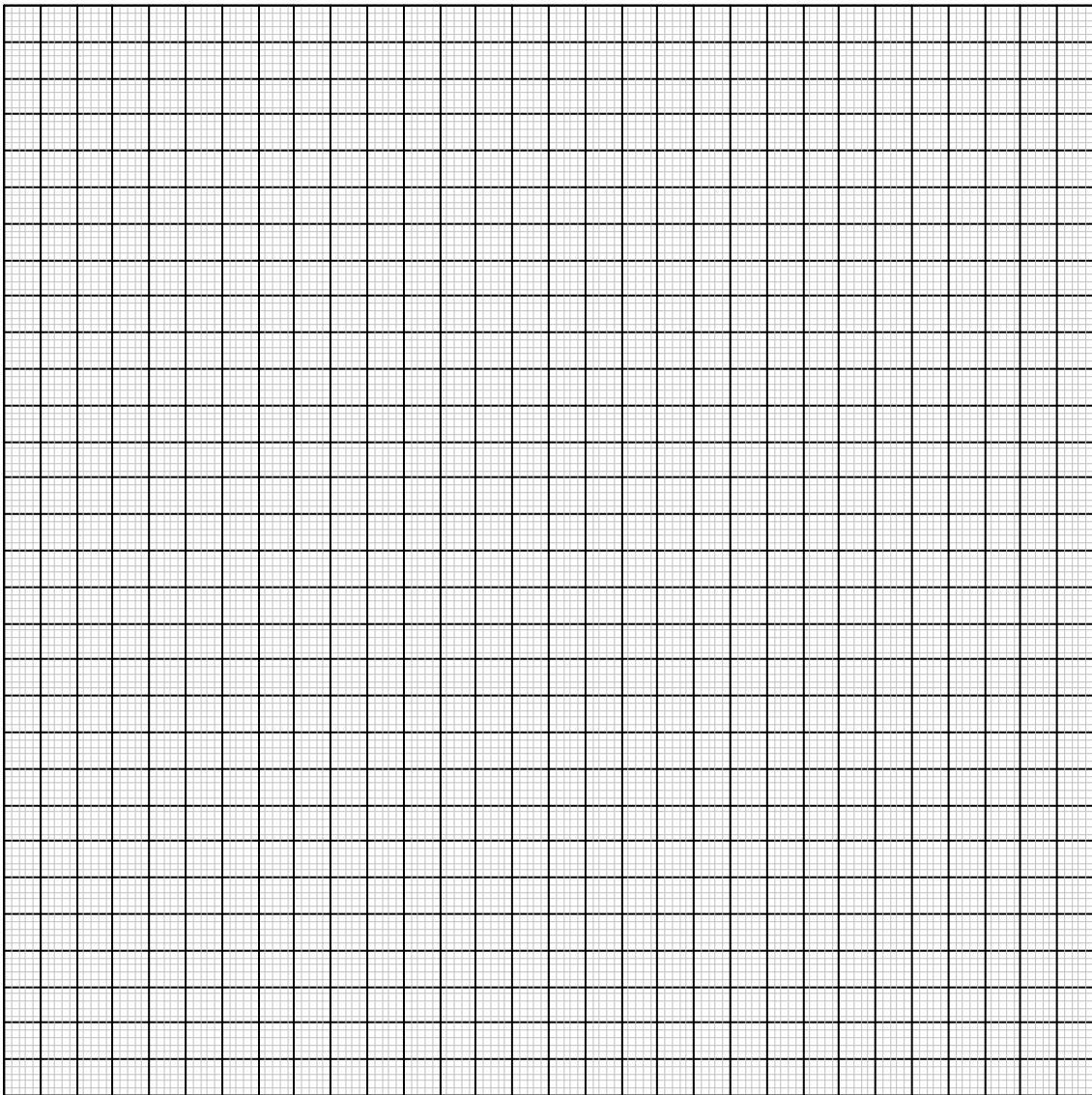
Bu deneyde kullanacağınız tüm bilgiler Çizelge 1.1.'de verilmektedir. Fakat bu sonuçların grafikte ifadesi, size olayla ilgili tahminde bulunma imkânı verecek ve matematiksel bağıntıları bulmada büyük ölçüde fayda sağlayacaktır.

1.4. DENEYİN YAPILIŞI:

A. Boşalma Süresi ile Delik Çapı Arasındaki Bağıntının Araştırılması:

Bunun için önce sabit bir su yüksekliğini (h) dikkate alıp, delik çapına (d)'ye bağlı olarak boşalma süresi (t)'i gösteren bir grafik çiziniz. Bu işlemi Çizelge 1.1.'deki bütün su yükseklikleri için tekrar ediniz. Yani; tek grafikte (bütün h değerleri için) değişik eğriler elde ediniz.

Grafik çizerken boşalma süresi (t) dikey eksen, deliğin çapı (d) 'i yatay eksen gösteriniz. Yani; $\{t = f(d)\}$ grafiğini çiziniz.



Grafik 1.1.

Grafiği yorumlayınız ve matematiksel orantı ile ifade ediniz.

S1: Değişik su seviyeleri için çizilen grafiklerde, delik çapı büyüdükçe kaptaki suyun boşalma süresinin azaldığını gördünüz mü? Yani, bu grafikten delik çapı (d) ile boşalma süresi (t) ters orantılıdır diyebilir misiniz?

S2: Aynı kabın dibindeki delik çapı (4,0 cm) ya da (8,0 cm) olsaydı boşalma süresi ne kadar olurdu? Bunu çizdiğiniz grafikten yararlanarak bulunuz.

Grafikten (d) delik çapı büyüdükçe, t 'nin hızlı bir şekilde azaldığını görebilirsiniz. Buna bağlı olarak delik alanı büyüdükçe aynı zaman içinde akacak su miktarı daha fazladır. Bütün bunlardan boşalma süresinin deliğin alanına bağlı olacağını söyleyebiliriz. Burada (t) boşalma süresi ile ($1/d^2$) delik alanının tersi arasındaki değişimini gösteren grafik akla gelir.

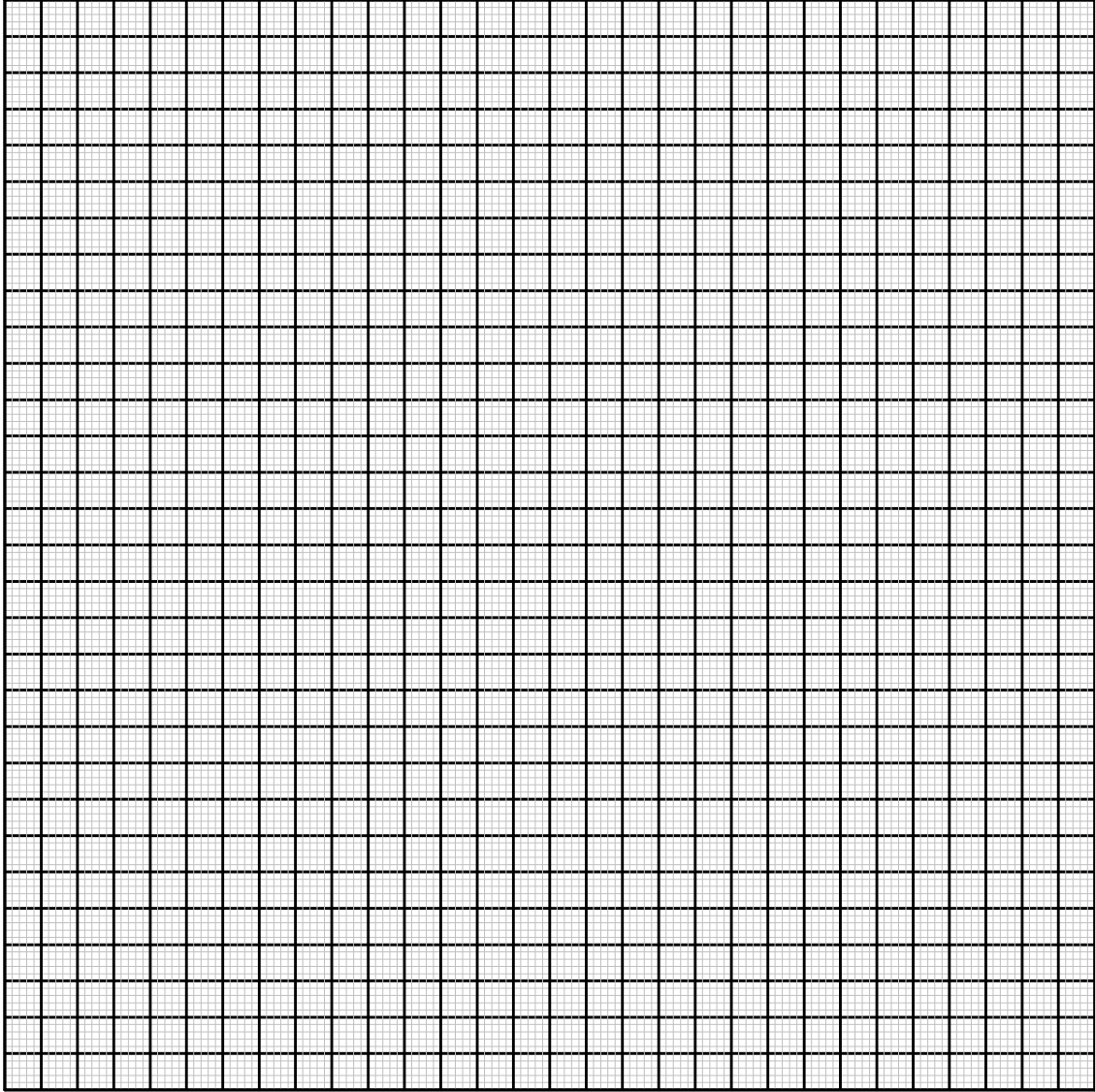
B. t ile $1/d^2$ Arasındaki Grafiğin Çizimi:

Bunun için, önce Çizelge 1.1.'deki d değerlerinden d^2 ve $1/d^2$ değerlerini bulunuz. Bulduğunuz bu değerleri Çizelge 1.2.'de yerine yazınız. Çizelge 1.2.'deki değerleri kullanarak; boşalma süresi (t) ile delik alanının tersi ($1/d^2$) arasındaki grafiği, bütün h değerleri için çiziniz.

Yani; $\{t = f(1/d^2)\}$ grafiğini çiziniz.

Çizelge 1.2.

$1/d^2$ ($1/\text{cm}^2$)			KAPTAKİ SU YÜKSEKLİĞİ h (cm)			
			30.0	10.0	4.0	1.0
	DELİK ÇAPI d (cm)	1.5	73.0	43.5	26.7	13.5
		2.0	41.2	23.7	15.0	7.2
		3.0	18.4	10.5	6.8	3.7
		5.0	6.8	3.9	2.2	1.5



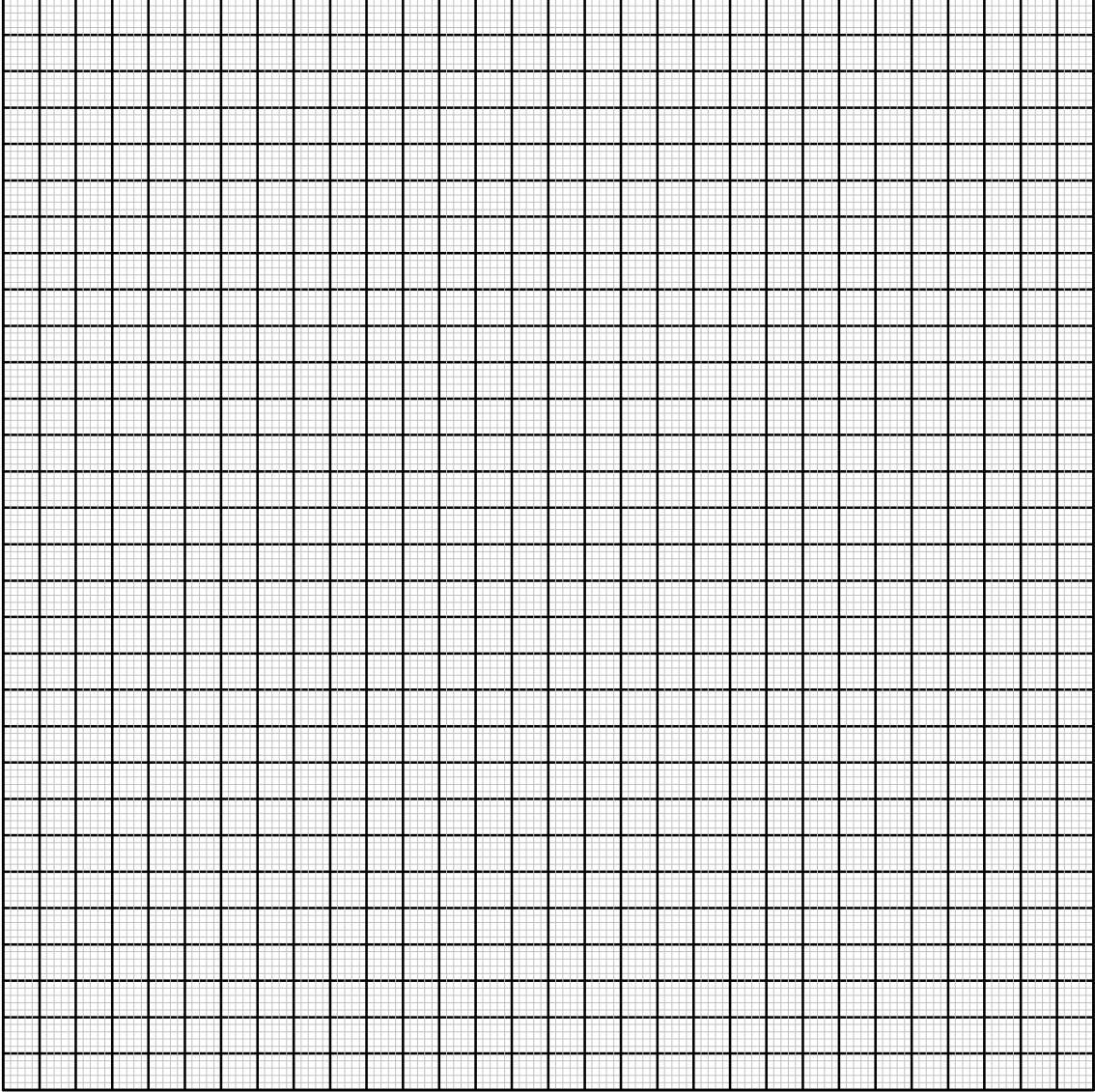
Grafik 1.2.

Grafiği yorumlayınız ve matematiksel orantı ile ifade ediniz

S3: Çizelge 1.2.' deki değerleri kullanarak çizdiğiniz grafikteki noktaları birleştirtince düzgün kıraksız bir eğri buldunuz mu? Bu eğri nasıl bir eğridir? Kullanılan belli bir su yüksekliği için t ile d arasındaki cebirsel bağıntıyı yazabilir misiniz? Grafikten t ile $1/d^2$ arasındaki ilişkiyi yazınız.

C. Boşalma Süresi (t) ile Suyun Yüksekliği (h) Arasındaki Bağıntının Araştırılması (Delik çapı sabit):

Delik çapını sabit tutarak boşalma süresinin su yüksekliğine bağlı grafiğini çiziniz. Eğriyi ölçüler dışında orjine doğru devam ettiriniz. Aynı şekilde ($d = 2\text{cm}$; $d = 3\text{cm}$; $d = 5\text{cm}$) için Çizelge 1.1.'den diğer eğrileri aynı grafik üzerinde çiziniz.



Grafik 1.3.

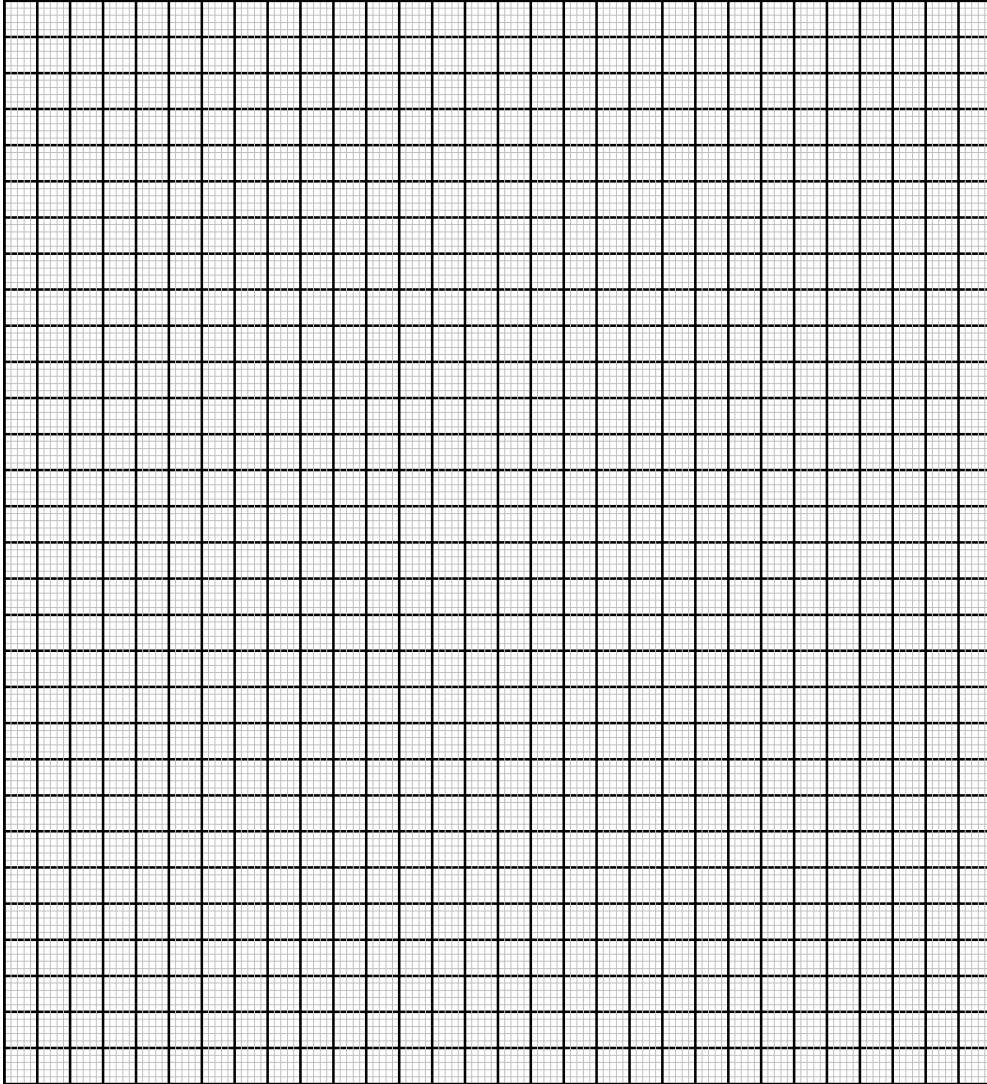
Bu grafiğe bakılırsa boşalma süresine oranla su yüksekliğinin daha fazla arttığı görülür. Bu nedenle şimdi de boşalma süresi (t) ile su yüksekliğinin karekökü ($\sqrt{h}$) arasındaki grafiği çiziniz.

D. Boşalma Süresi (t) ile Su Yüksekliğinin Karakökü ($\sqrt{h}$) Arasındaki İlişkinin İncelenmesi:

Bunun için; Çizelge 1.1.'deki yükseklik değerlerinden (h), ($\sqrt{h}$) ifadelerini bulunuz ve Çizelge 1.3.'ü doldurunuz. Çizelgedeki değerleri kullanarak boşalma süresini (t) düşey eksen ve su yüksekliğinin karekökünü ($\sqrt{h}$) yatay eksen alarak $t = f(\sqrt{h})$ grafiğini çiziniz.

Çizelge 1.3.

$\sqrt{h}$ (cm ^{1/2})					
		KAPTAKİ SU YÜKSEKLİĞİ h (cm)			
		30.0	10.0	4.0	1.0
DELİK ÇAPI d (cm)	1.5	73.0	43.5	26.7	13.5
	2.0	41.2	23.7	15.0	7.2
	3.0	18.4	10.5	6.8	3.7
	5.0	6.8	3.9	2.2	1.5

**Grafik 1.4.**

Bu grafik için Çizelge 1.3.'deki $d = 1,5\text{cm.}$ ve $d = 2,3,5\text{cm.}$ değerleriyle ayrı ayrı noktalar belirlenip bu noktaları birleştirip eğriler elde edilecektir.

E. Boşalma Süresinin Delik Çapı ve Su Yüksekliğine Bağlılığı:

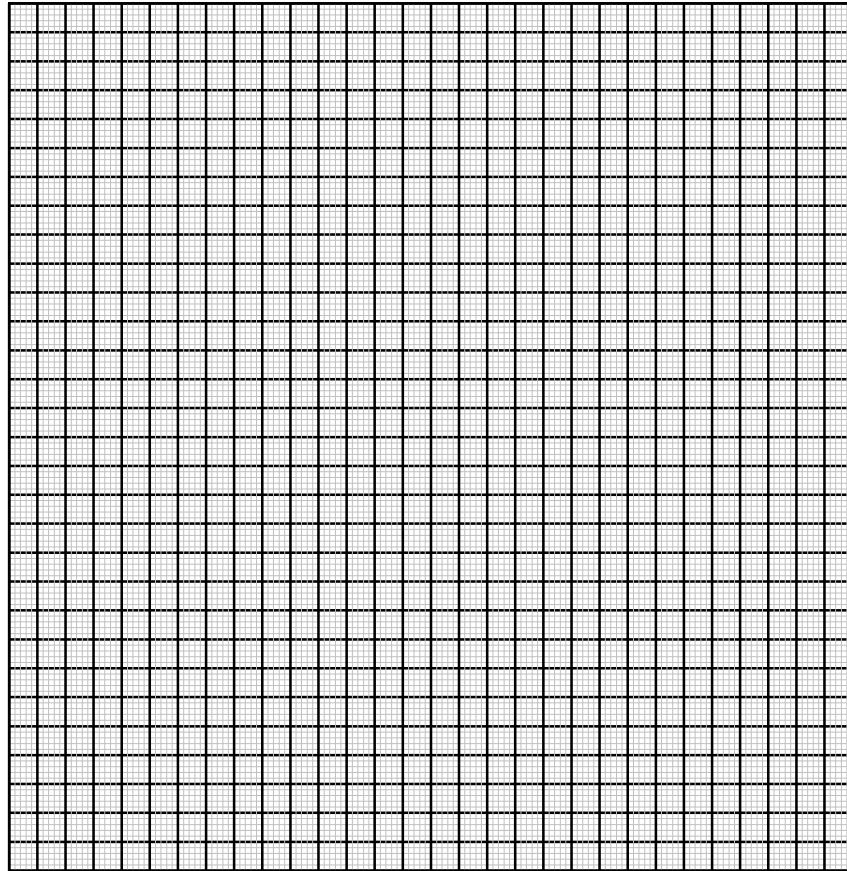
Bu ilişkiyi incelerken önce Grafik 1.1., Grafik 1.2., Grafik 1.3. ve Grafik 1.4.'den yararlanarak yani her grafik için yaptığımız yorumlardan ve kurduğumuz orantılardan faydalanarak (t) ile (h) ve (d) arasındaki bağıntıyı bulunuz.

Önce bulduğunuz değerlerle tabloyu doldurunuz. Tablodaki değerleri kullanarak

$t = f\left(\frac{\sqrt{h}}{d^2}\right)$ grafiğini çiziniz. t yine düşey eksendedir.

Çizelge 1.4.

t (s)	h (cm)	d(cm)	1/d ²	√h	√h/d ²
73.0					
23.7					
6.8					
1.5					



Grafik 1.5.

Grafiğin eğiminden orantı katsayısını bulunuz. Bu katsayıyı bir de tablodaki değerleri kullanarak bulunuz ve grafikten bulduğunuz katsayı ile karşılaştırınız.

S4: Ayrıca bu sabiti bulduktan sonra $h = 20,0 \text{ cm}$ ve $d = 4,0 \text{ cm}$ için (t) 'nin değerlerini hesaplayınız ve bunu Grafik 1.5.'ten bulacağınız değerle karşılaştırınız. Bu iki değerden hangisi sizce daha güvenilir bir sonuçtur?

1.5. SONUÇ VE YORUM:

1.6. DENEY HATALARI:

1.7. SORULARIN CEVAPLARI VE HESAPLAMALAR:

DENEY 2

BİR DOĞRU BOYUNCA HAREKET, HIZ ve İVME

2.1. DENEYİN AMACI:

Bir cismin hareketini telem şeridi üzerinde gözle görülür biçimde canlandırarak bir doğru boyunca hareketi ve buna bağlı olarak hız, ivme ve konum değerlerinin değişimini incelemek

2.2. DENEYDE KULLANILAN ARAÇ VE GEREÇLER:

Zaman kaydedici, telem şeridi, cetvel

2.3. GEREKLİ TEORİK BİLGİLER:

Seçilen bir referans noktasına göre, cismin zamanla yer değiştirmesine hareket denir.

KONUM ($\bar{x}$): Cismin seçilen referans noktasına göre yerini belirten yönlü uzaklıktır. Vektörel bir büyüklüktür.

YERDEĞİŞTİRME ($\Delta\bar{x}$): Bir cismin son konumu ile ilk konumu arasındaki yönlü uzaklıktır.

$$(\Delta\bar{x}) = \bar{x}_{son} - \bar{x}_{ilk}$$

ifadesi ile verilir.

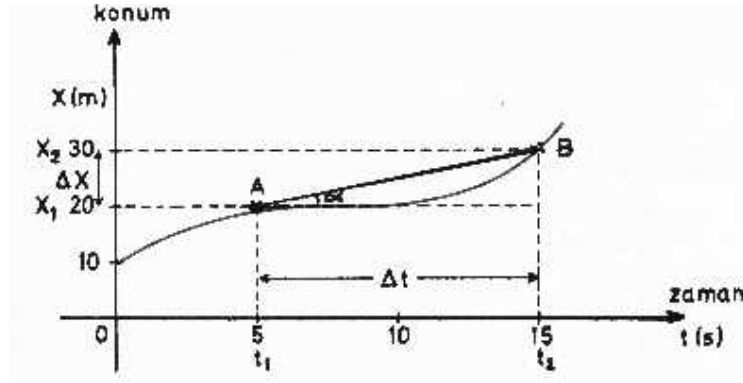
HIZ ($\vec{v}$): Bir hareketlinin birim zamanındaki yerdeğiştirmesine hız denir. Vektöreldir. Hareketlinin (t_1) anındaki konumu (x_1); (t_2) anındaki konumu (x_2) ise şöyledir:

$$\vec{v} = \frac{\Delta\bar{x}}{\Delta t} = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{t_2 - t_1}$$

BİRİM TABLOSU:

$\Delta\bar{x}$	Δt	$\bar{v} = \Delta\bar{x}/\Delta t$
m	s	m/s
cm	s	cm/s
km	h	km/h

ORTALAMA HIZ: Bir cismin doğrusal yörüngedeki toplam yerdeğiştirmesinin, toplam zamana oranıdır. $\vec{V}_{ort} = \frac{\Sigma\Delta\bar{x}}{\Sigma\Delta t}$ bağıntısı ile tanımlanır.



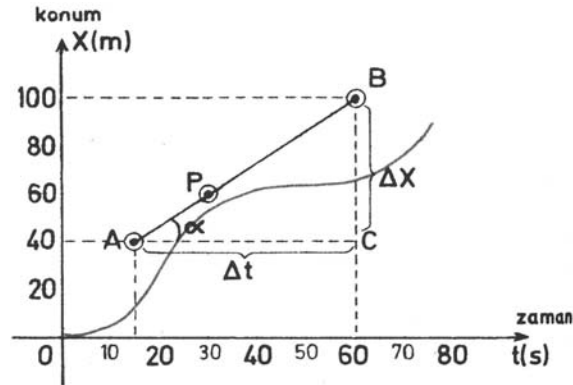
Şekil 2.1.

Konum-Zaman grafiğinden faydalanarak ortalama hız bulunabilir. (x_1) ve (x_2) arasındaki ortalama hız;

$$V_{\text{ort}} = \bar{V} = \text{Eğim} = \tan\alpha = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

V_{ort} , A-B doğrusunun eğimine eşittir.

ANİ HIZ: Hareketlinin herhangi bir anındaki hızına ani hız ya da anlık hız denir. Konum-zaman grafiğinde eğriye bir noktadan çizilen teğetin eğimi o andaki ani hızı verir.



Şekil 2.2.

(t) anındaki hızı;

$$V_{\text{ani}} = \text{Eğim} = \tan\theta = \frac{\Delta \bar{x}}{\Delta t} = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{t_2 - t_1}$$

İVME ($\bar{a}$): Hareketlinin birim zamandaki hız değişimine ivme denir. Vektörelidir. Cismin (t_1)

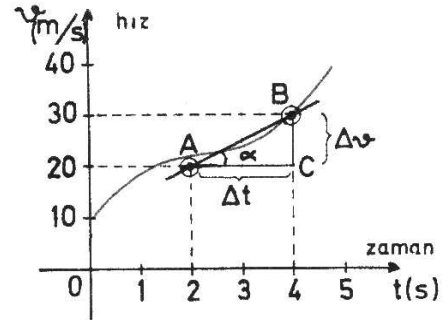
anındaki hızı $\bar{V}_1$, (t_2) anındaki hızı $\bar{V}_2$ ise ivme; $\bar{a} = \frac{\Delta \bar{V}}{\Delta t} = \frac{\bar{V}_2 - \bar{V}_1}{t_2 - t_1}$

Not: Hızda bir değişme varsa ivme vardır. Hızda bir değişme yoksa ivme sıfırdır.

ORTALAMA İVME: Toplam hız değişiminin toplam zamana oranıdır. $\bar{a}_{\text{ort}} = \frac{\Sigma \Delta \bar{V}}{\Sigma \Delta t}$

Hız-zaman grafiğinde cismin (t_1) anından (t_2) anına kadar ortalama ivmesi; (A-B) noktasını birleştiren doğrunun eğimidir.

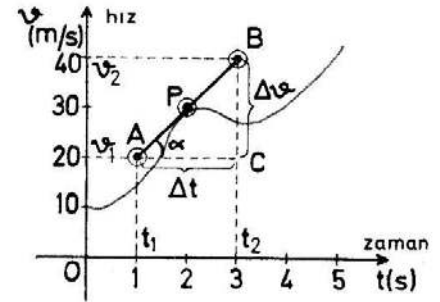
$$a_{\text{ort}} = \tan \theta = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1}$$



Şekil 2.3.

ANİ İVME: Hareketlinin herhangi bir andaki ivmesine ivmesine ani ivme denir. Hız-zaman grafiğinde eğriye bir noktadan çizilen teğetin eğimi o noktadaki ivmeyi verir.

$$a_{\text{ani}} = \tan \theta = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1}$$



Şekil 2.4.

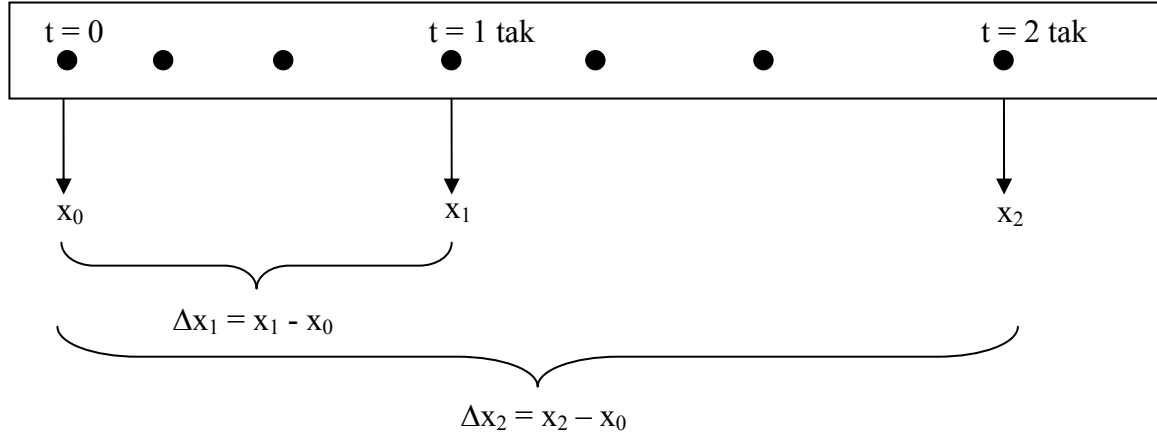
2.4. DENEYİN YAPILIŞI:

Güç kaynağı ve zaman kaydediciden oluşan düzeneği kurun. Zaman kaydediciye güç kaynağı ile 12 Volt (A.C.) gerilim uygulayın. Daha sonra telem şeritini zaman kaydediciden geçirip, elinizle telem şeritini tutarak kol hareketini bir tam kez yapın.

Telem şeridinin kaydettiği ardarda gelen iki vuruş arasındaki zaman aralığını zaman birimi olarak sayıp, buna “tık” deyin. **S1:** *Ard arda gelen herhangi iki vuruş arasındaki uzaklık ne olur? Şerit üzerindeki vuruşları inceleyerek hızının nerede en büyük olduğunu bulabilir misiniz? Hızınız nerede en küçüktür, ivmeniz nerede en küçüktür, ivme nerede en büyüktür bulabilir misiniz?*

Hareket başlangıcına yakın herhangi bir noktadan başlayıp zamana bağlı olarak konumu gösteren bir grafik çiziniz. Bunun için bir “tık” belki çok küçük bir zaman dilimi olacaktır. Belirli sayıda tık’lık zaman aralığını zaman birimi olarak almanız daha uygun olabilir. Buna “tak” diyebilirsiniz.

ÖRNEK: (Bu örnekte; 3 tık = 1 tak olarak alınmıştır.)



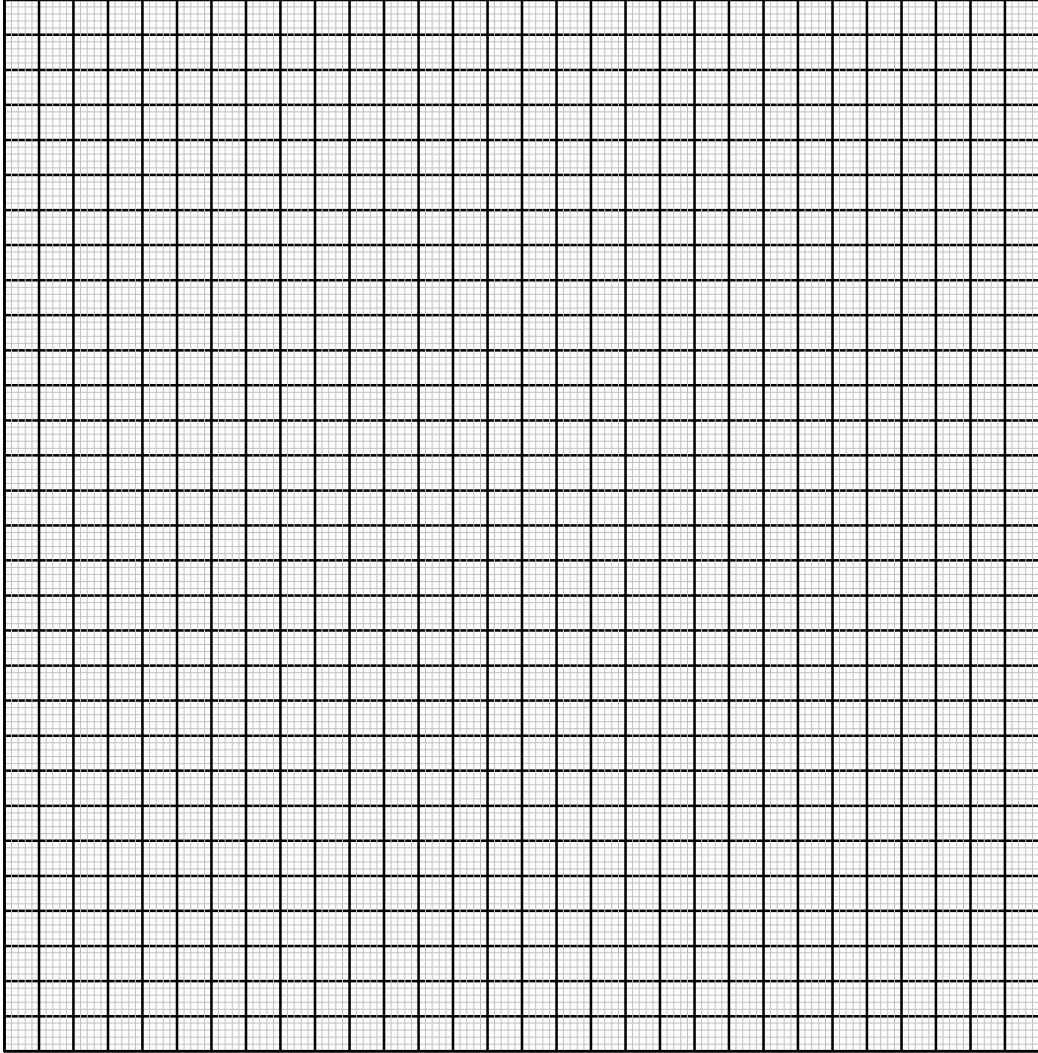
Şekil 2.5.

A. Telem şeridinin üzerinde takları işaretleyiniz. İşaretlemiş olduğunuz her noktanın başlangıç noktasına olan uzaklığını ölçerek Çizelge 2.1'i doldurunuz.

Çizelge 2.1.

t (tak)	x (cm)	$V_{\text{ort.}}$ (cm/tak)	V_{ani} (cm/tak)	$a_{\text{ort.}}$ (cm/tak ²)	a_{ani} (cm/tak ²)
0					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

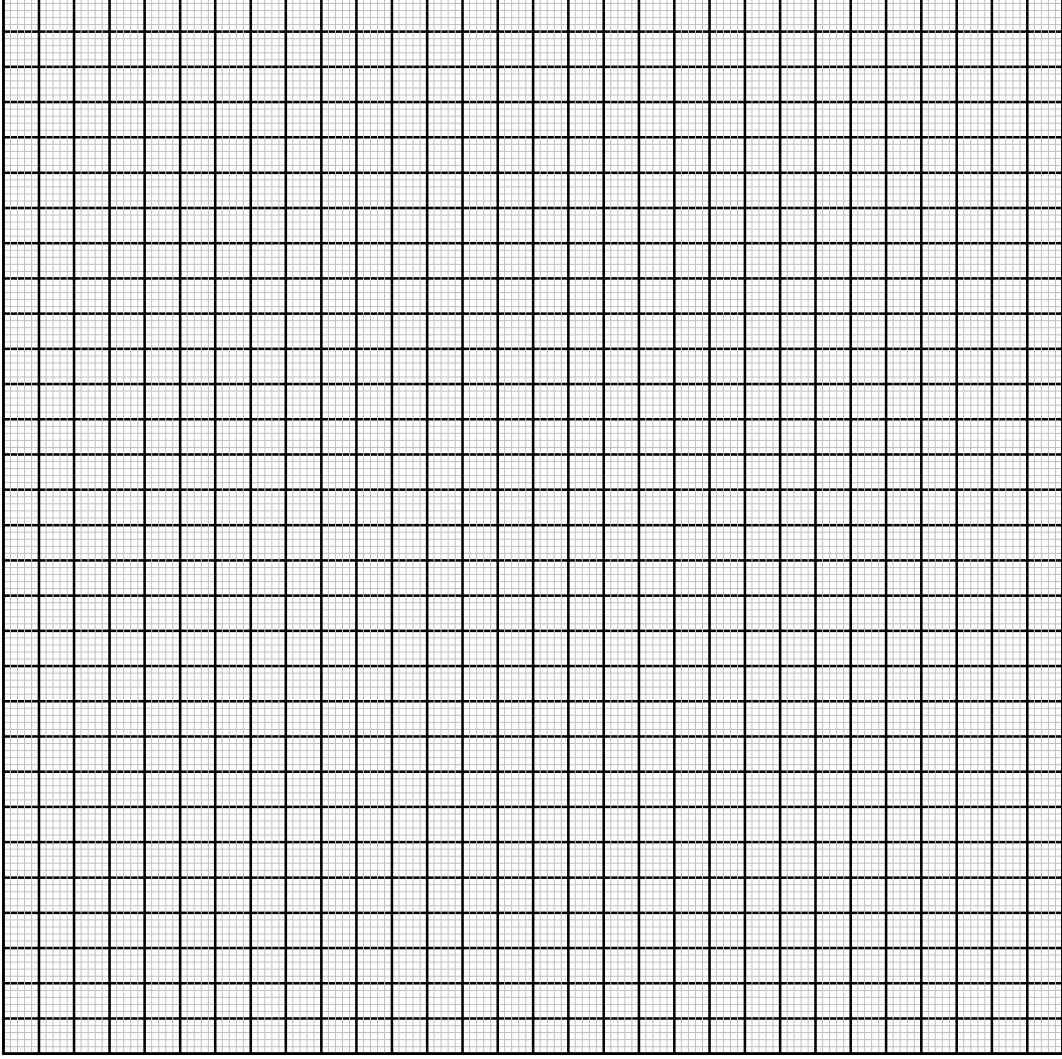
Bulunan konum (x) ve (t) zaman değerlerinden (V_{ort}), (V_{ani}), (a_{ort}), (a_{ani}) değerlerini hesaplayarak Çizelge 2.1.'i doldurunuz. Bu değerlere göre konum-zaman grafiğini çiziniz.



Grafik 2.1.

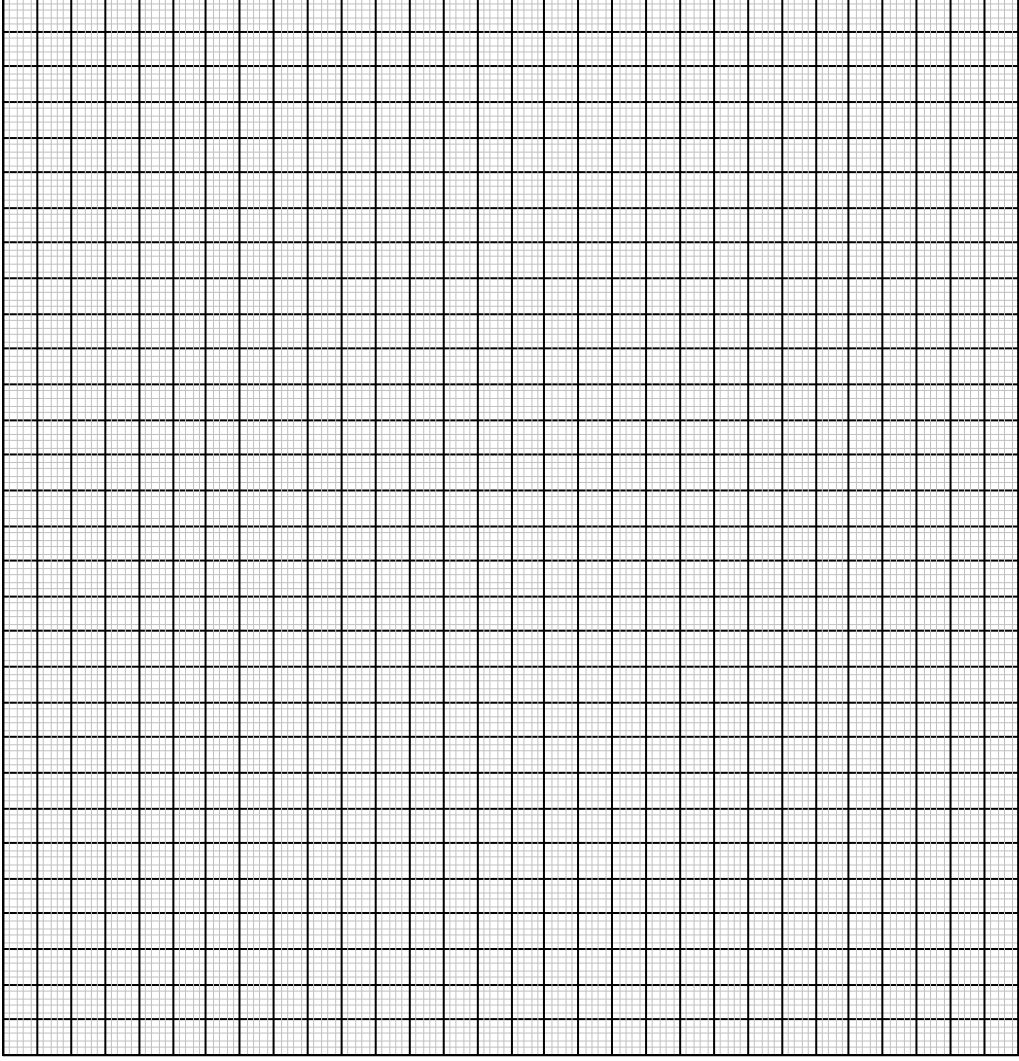
Grafiği yorumlayınız. Grafik size hareketlinin farklı hızlarla hareket ettiğini gösteriyor mu? ($x-t$) eğrisinin herhangi bir andaki noktasının eğimini alırsanız size o andaki hızı verir mi?

- B. Şimdi de bir “tak”lık zaman aralığı için bulunan ortalama hızları zamanın fonksiyonu olarak göstererek ortalama hız-zaman grafiğini çiziniz (Bu değeri şeritten doğrudan doğruya elde edebilirsiniz). Grafiği yorumlayınız.



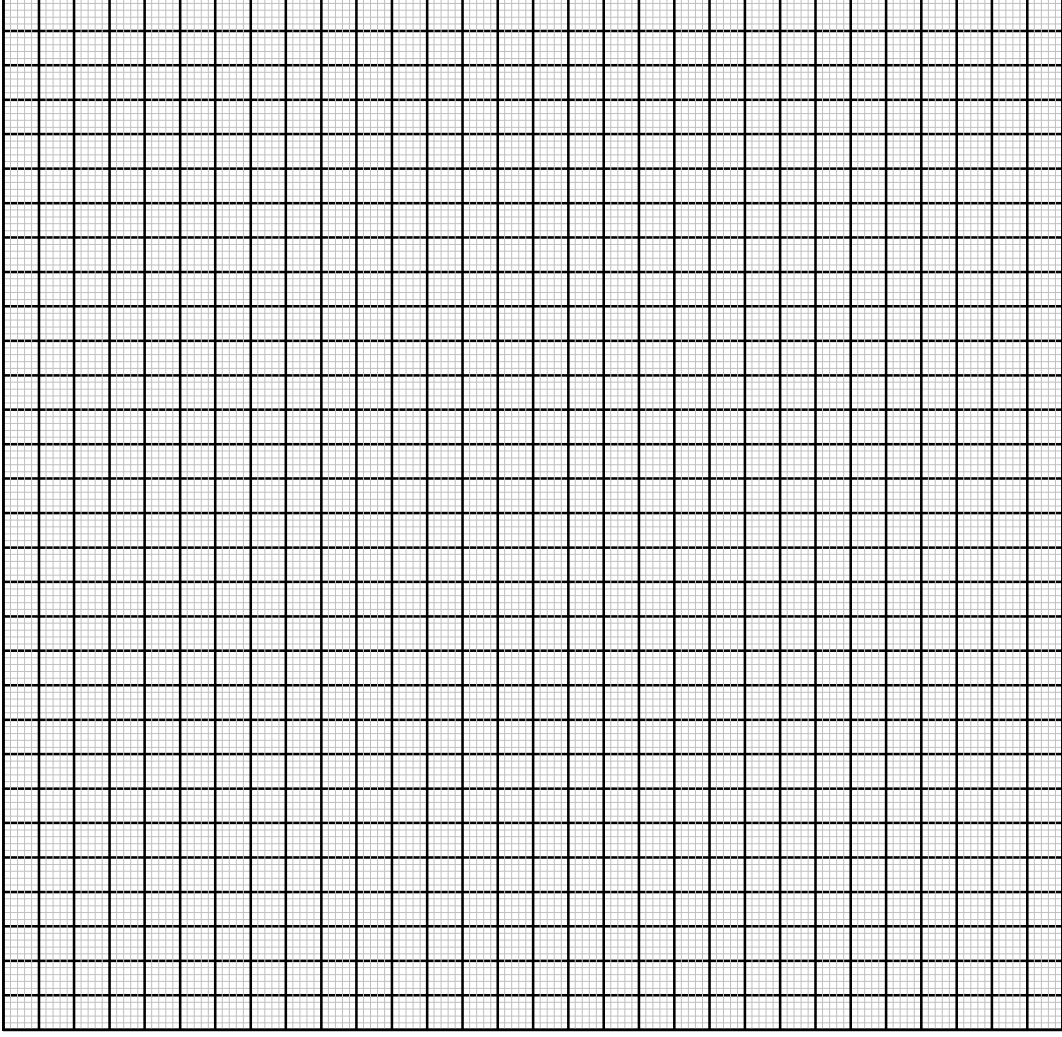
Grafik 2.2.

- C. Konum-zaman grafiğinde eğriye bir noktadan çizilen teğetin eğimi o anki ani hızı verir. Çizdiğiniz konum-zaman grafiğinin her noktasında eğriye çizilen teğetlerin eğimlerini bulunuz. Bulduğunuz bu değerlerle ani hız-zaman grafiğini çiziniz.



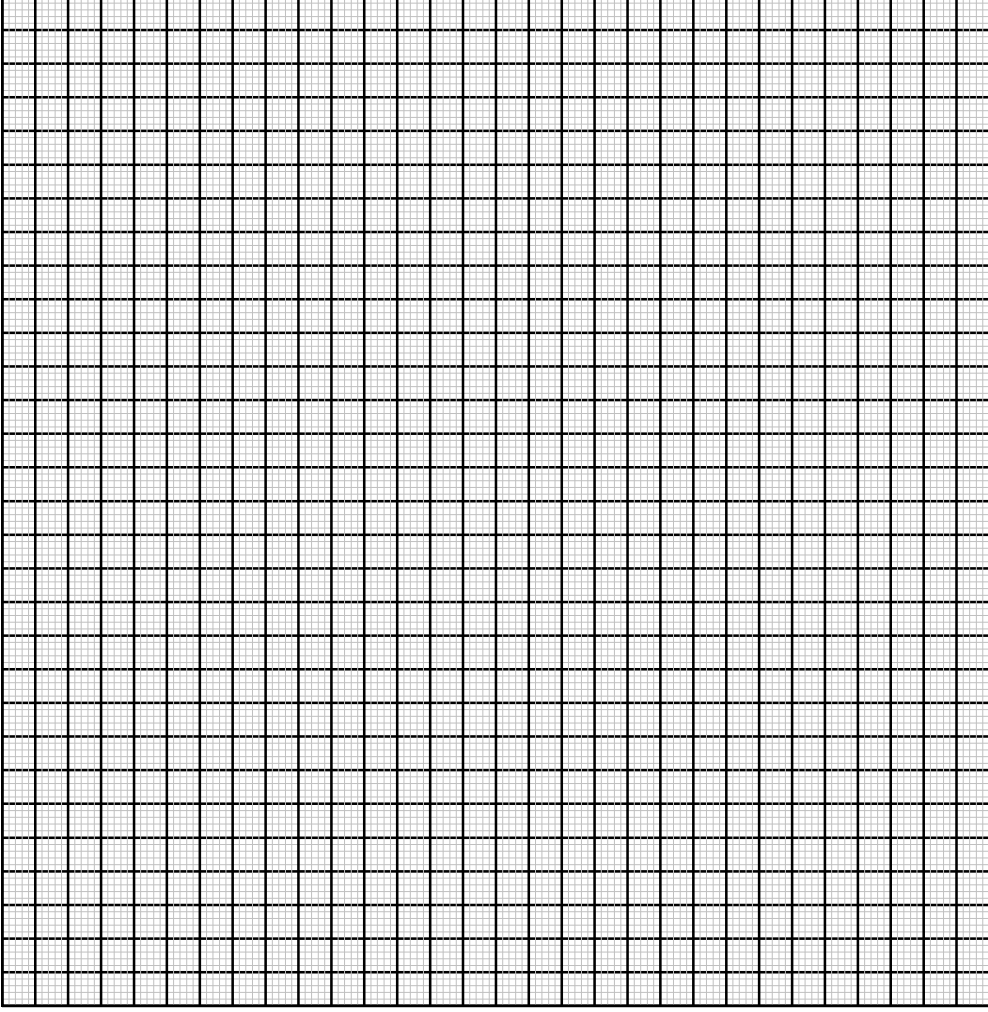
Grafik 2.3.

- D. Bulduğunuz hız değerlerini kullanarak ortalama ivme değerlerini Çizelge 2.1'e yazınız ve ortalama ivme-zaman grafiğini çiziniz. Grafiği yorumlayınız.



Grafik 2.4.

- E. Anlık hız-zaman grafiğindeki her noktada eğriye çizilen teğetlerin eğimlerinden anlık ivme değerlerini bularak Çizelge 2.1.'e yazınız. Anlık ivme-zaman grafiğini çizip yorumlayınız.



Grafik 2.5.

2.5. SONUÇ VE YORUM:

2.6. DENEY HATALARI:

2.7. SORULARIN CEVAPLARI VE HESAPLAMALAR:

DENEY 3

SABİT BİR KUVVET ETKİSİNDE HIZ DEĞİŞİMLERİ

3.1. DENEYİN AMACI:

Hareket halindeki veya durgun haldeki bir cisme uygulanan sabit kuvvet ile hız değişimi (ivme) arasındaki ilişkiyi incelemek.

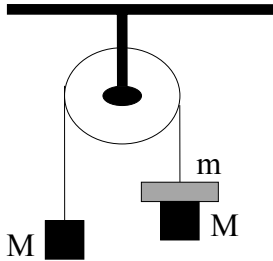
3.2. KULLANILAN ARAÇ VE GEREÇLER:

Araba, delikli ağırlıklar, ağırlık tutucu, telem şeridi, güç kaynağı, cetvel

3.3. GEREKLİ TEORİK BİLGİ:

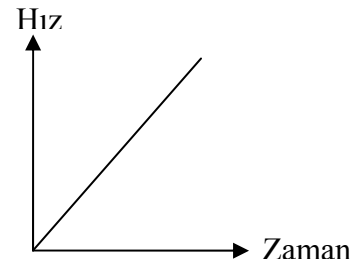
Duran bir cismi hareket ettirmek ya da hareket halindeki bir cismin hızını değiştirmek için ona bir kuvvet uygulamak gerekir. Bir cisme bir dış kuvvet etki etmedikçe, cisim durgun ise durgun kalır, hareketli ise sabit hızla doğrusal hareketine devam eder. Başka bir deyişle bir cisim herhangi bir kuvvetin etkisinde değilse ivmesi sıfırdır.

Eğer; bir cisme bir kuvvet uygularsak cisim bir ivme kazanır. Bu ivme, cisme etki eden bileşke kuvvetle doğru orantılı, cismin kütlesi ile ters orantılıdır. Newton'un II. Kanunu ($\vec{F} = m\vec{a}$) ile ifade edilir. Buradan ($\vec{a} = \vec{F}/m$) 'dır. Yani; aynı sabit kuvveti farklı kütlelerdeki cisimlere uygularsak ivmenin değerini her defasında farklı ölçeriz. Kütle büyüdükçe ivme azalır.



Şekildeki sistemi serbest bırakınca, sistemi hareket ettiren kuvvet (m) kütlesinin ağırlığıdır. Bu kuvvetin etkisinde sistemin yaptığı hareket incelenirse, hızın şekildeki grafikteki gibi zamanla doğru orantılı olduğu görülür.

Grafikteki doğrunun eğimi sabit olduğundan bu hareket, sabit ivmeli bir harekettir. O halde dengelenmemiş sabit bir kuvvetin (net kuvvetin) etkisi altındaki bir cisim sabit ivmeli bir hareket yapar.

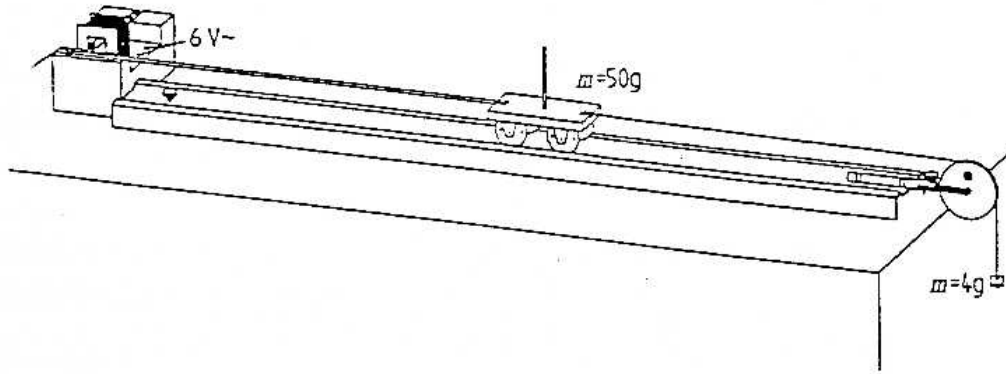


3.4. DENEYİN YAPILIŞI:

Şekil 3.1.'deki düzeneği kurun. Zaman kaydediciye güç kaynağı ile A.C. gerilim uygulayın. Daha sonra telem şeridini zaman kaydediciden geçirip, bir ucunu arabanın arkasına bantlayın. Şekil 3.1.'de görüldüğü gibi arabaya bağladığınız ipi, rayın kenarına tutturulmuş makaradan geçirerek diğer ucuna kütle asın. Bu kütlenin ağırlığı hareket ettirici kuvvetiniz olacaktır.

Bu deneyde sabit bir kuvvet etkisindeki hız değişimleri inceleneceğinden ipin ucundaki kütlenin ağırlığı deney sonuna kadar değiştirilmeyecektir. Araba hareket ederken beraberinde telem şeridini de çeker. Bu şeritten faydalanarak arabanın yol boyunca farklı noktadaki hızını bulabilir ve hızın zamana göre değişimini veren bir grafik çizebilirsiniz.

Deneyi boş araba; araba + 20g.; ve araba + 50g. ile yapın. Elde ettiğiniz şeritlerden faydalanarak Çizelge 3.1.'i doldurun.



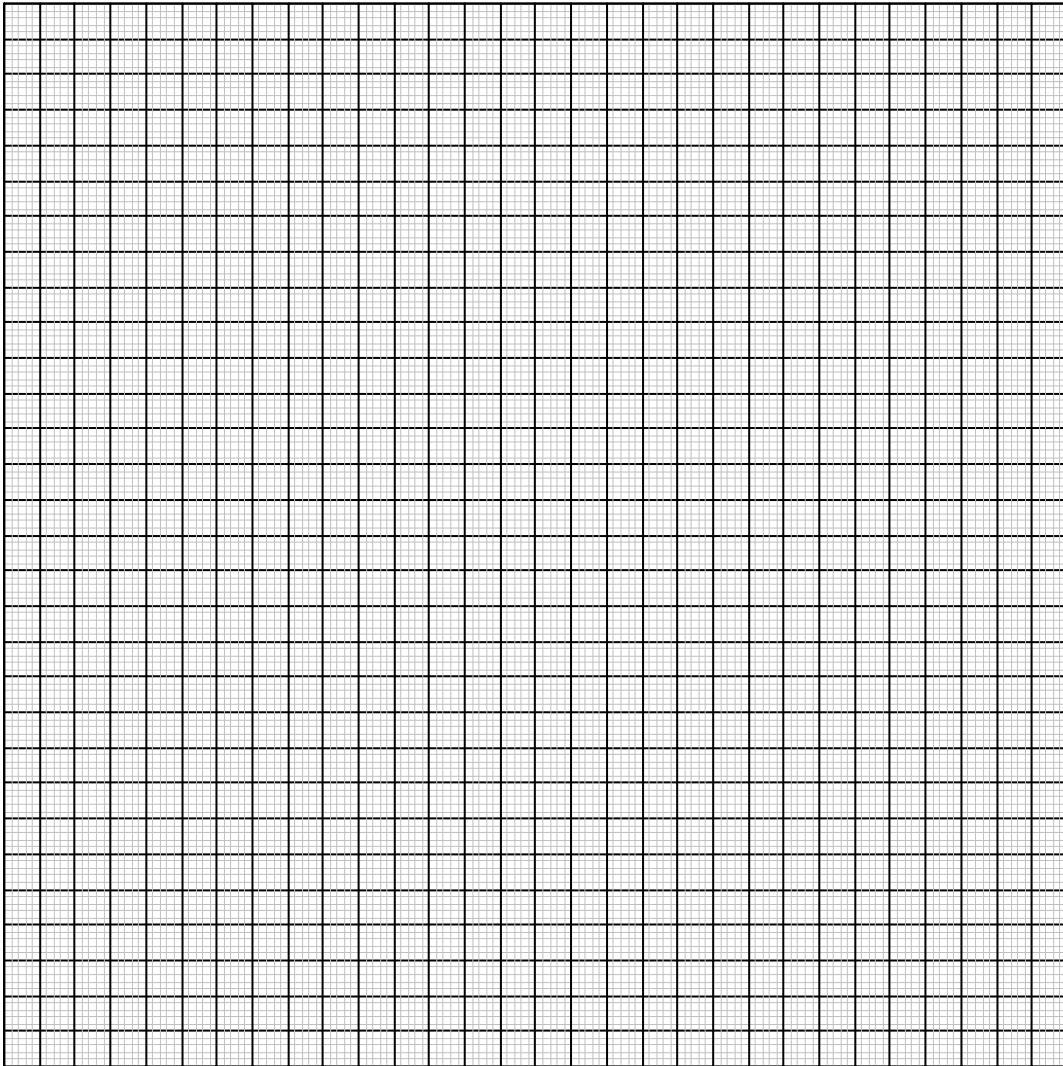
Şekil 3.1.

Çizelge 3.1.

t (tak)	x (cm)			V (cm/tak)		
	Boş Araba	Araba + 20g.	Araba + 50g.	Boş Araba	Araba + 20g.	Araba + 50g.
0						
1						
2						
3						
4						
5						

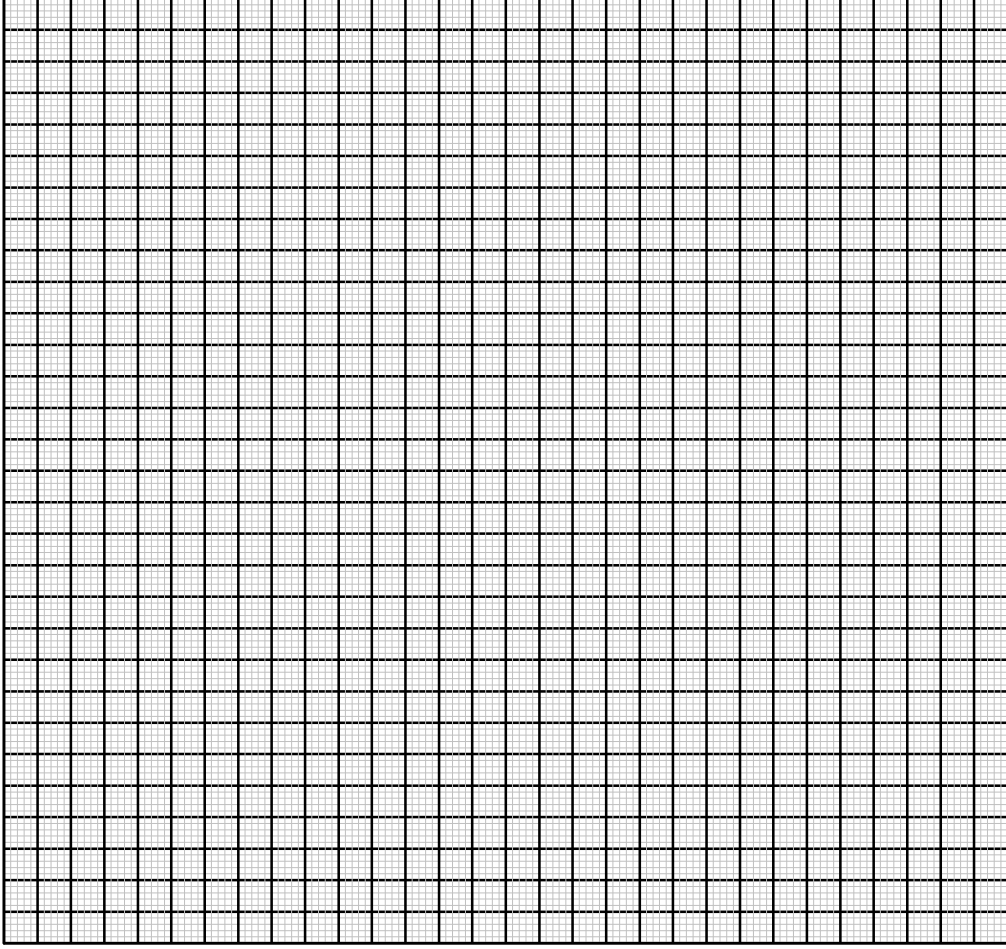
6						
7						
8						
9						
10						

Çizelge 3.1.'deki değerlerden zamanın fonksiyonu olarak konumu gösteren grafiği çizin. Her deneme için bulduğunuz değerleri aynı grafik üzerinde gösterin.



Grafik 3.1.

Çizelge 3.1.'deki konum değerlerinden ani hızları bulup, Hız-Zaman grafiğini çizin. Yine her deneme için bulduğunuz değerleri aynı grafik üzerinde gösterin.



Grafik 3.2.

S1: Çizdiğiniz grafik doğru şeklinde mi çıktı? Doğru şeklinde çıktıysa bu doğru orjinden geçiyor mu? Arabaya etkiyen kuvvet yalnız sizin uyguladığınız kuvvet midir?

S2: Daha büyük bir kütle ivmelendirildiğinde, ivme daha mı büyük, yoksa daha mı küçüktür? Bunu, çizdiğiniz Hız-Zaman grafiğindeki doğruların eğiminden bulacağınız ivmeleri karşılaştırarak tartışınız.

$$\tan\alpha_0 = a_0 =$$

$$\tan\alpha_1 = a_1 =$$

$$\tan\alpha_2 = a_2 =$$

3.5. SONUÇ VE YORUM:

3.6. DENEY HATALARI:

3.7. SORULARIN CEVAPLARI VE HESAPLAMALAR:

DENEY 4

İVMENİN KUVVET ve KÜTLEYE BAĞLILIĞI

4.1. DENEYİN AMACI:

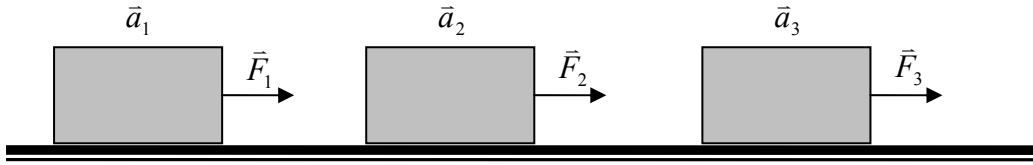
Belli bir kütleyle farklı kuvvetler ve farklı kütlelere sabit bir kuvvet etkirse ivmenin ne olacağını nicel olarak araştırmak. Kısaca; ivmenin değişen kuvvete ve değişen kütleye karşı aldığı değerleri incelemek ve ($F = m.a$) formülünü doğrulamaktır.

4.2. KULLANILAN ARAÇ VE GEREÇLER:

Zaman kaydedici, güç kaynağı, telem şeridi, araba, cetvel, makara, delikli kütleler, ip

4.3. GEREKLİ TEORİK BİLGİ:

Newton'un II. Kanununa göre; bir cisme etkiyen kuvvet, bu cisme bir ivme kazandırır. Bu ivme, cisme etkiyen kuvvetle doğru orantılıdır. ($F = m.a$) formülüne göre sabit bir kuvvet etkisindeki bir cismin ivmesi sabittir. (F) kuvvet sabit iken (m) kütle arttıkça (a) ivme azalır. Ters orantılıdır. Aynı kütleyle farklı kuvvetler uygularsak, (F) kuvvet arttıkça (a) ivme de artar.



Şekil 4.1.

$$\frac{F_1}{a_1} = \frac{F_2}{a_2} = \frac{F_3}{a_3} = m$$

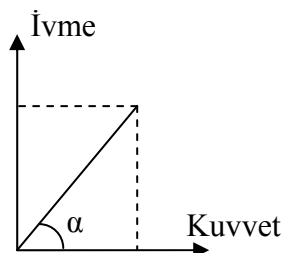
Uygulanan kuvvetin, cisme kazandırdığı ivmeye oranı sabittir. Bu sabite cismin kütlesi denir.

Birimleri SI birim sisteminde yandaki gibidir.

m	a	F
kg	m/s ²	N

Şekildeki ivme-kuvvet

$$\text{Eğim} = \tan \alpha = \frac{a}{F} = \frac{1}{m}$$

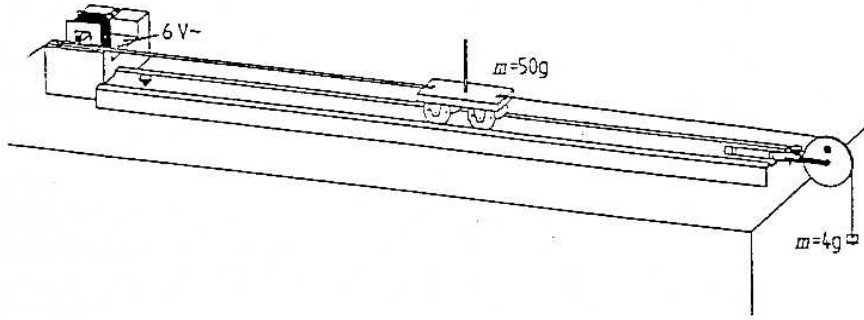


grafiğinin eğimi kütlenin tersini verir.

4.4. DENEYİN YAPILIŞI:

Şekil 4.2.'deki düzeneği kurun. Zaman kaydediciye güç kaynağı ile A.C. gerilim uygulayın. Daha sonra telem şeridini zaman kaydediciden geçirip, bir ucunu arabanın arkasına bantlayın. Şekil 4.2.'de görüldüğü gibi arabaya bağladığınız ipi, rayın kenarına tutturulmuş makaradan geçirerek diğer ucuna kütle asın. Bu kütlenin ağırlığı hareket ettirici kuvvetiniz olacaktır.

Bu deneyde değişen kuvvet etkisindeki ivme değişimleri inceleneceğinden sistemin toplam kütlesi deney sonuna kadar değiştirilmeyecektir. Arabanın üzerine belli miktarda kütle koyun. Makaradan geçirdiğiniz ipin ucuna da bir miktar kütle asın. Deneyde hareket ettirici kuvveti değiştirmek için arabanın üzerindeki kütleleri ipin ucuna geçirin. Hareket ettirici kuvveti değiştirmek için sisteme dışarıdan kütle ilave etmeyin. Bu şekilde hareket ettirici kuvveti değiştirerek Çizelge 4.1.'i doldurun.

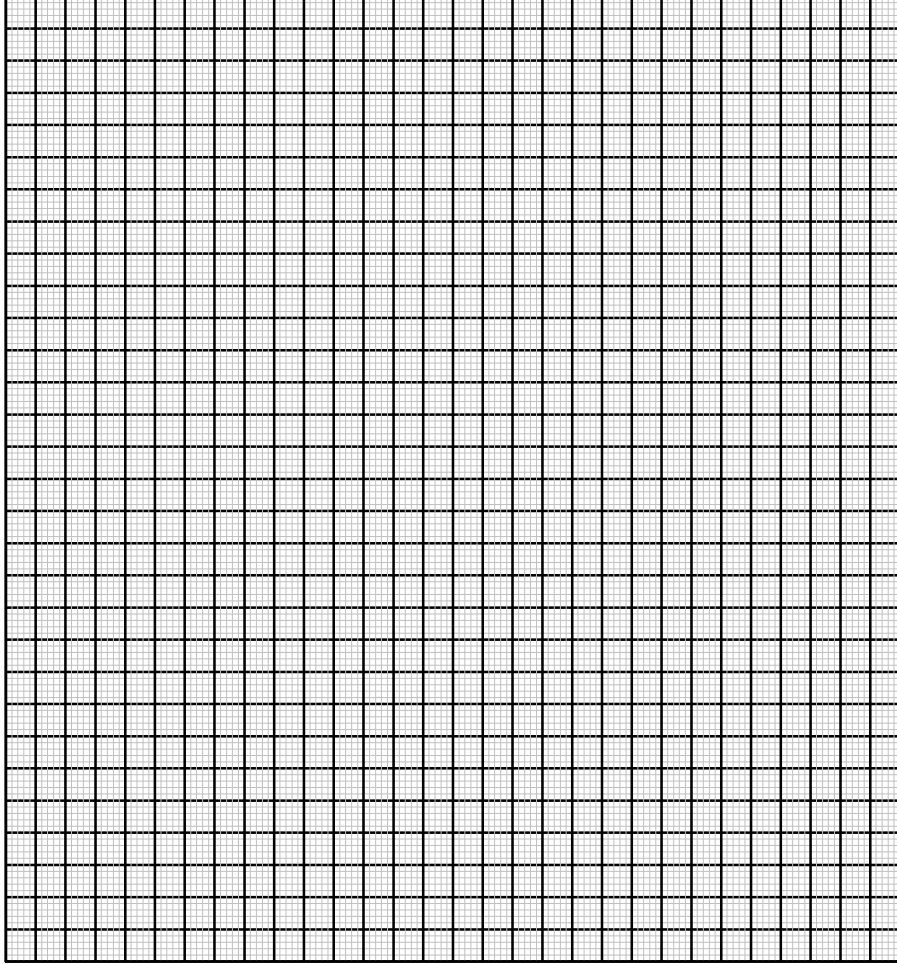


Şekil 4.2.

Çizelge 4.1.

t (tak)	x (cm)			V (cm/tak)		
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₁	F ₂	F ₃
0						
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Çizelge 4.1.'deki değerleri kullanarak (her deneme için aynı grafik üzerinde) hız-zaman grafiğini çizin. Bu grafikteki doğruların eğimlerinden ivmeyi bulun. Bulduğunuz ivme değerleri ile Çizelge 4.2.'yi doldurun.



Grafik 4.1.

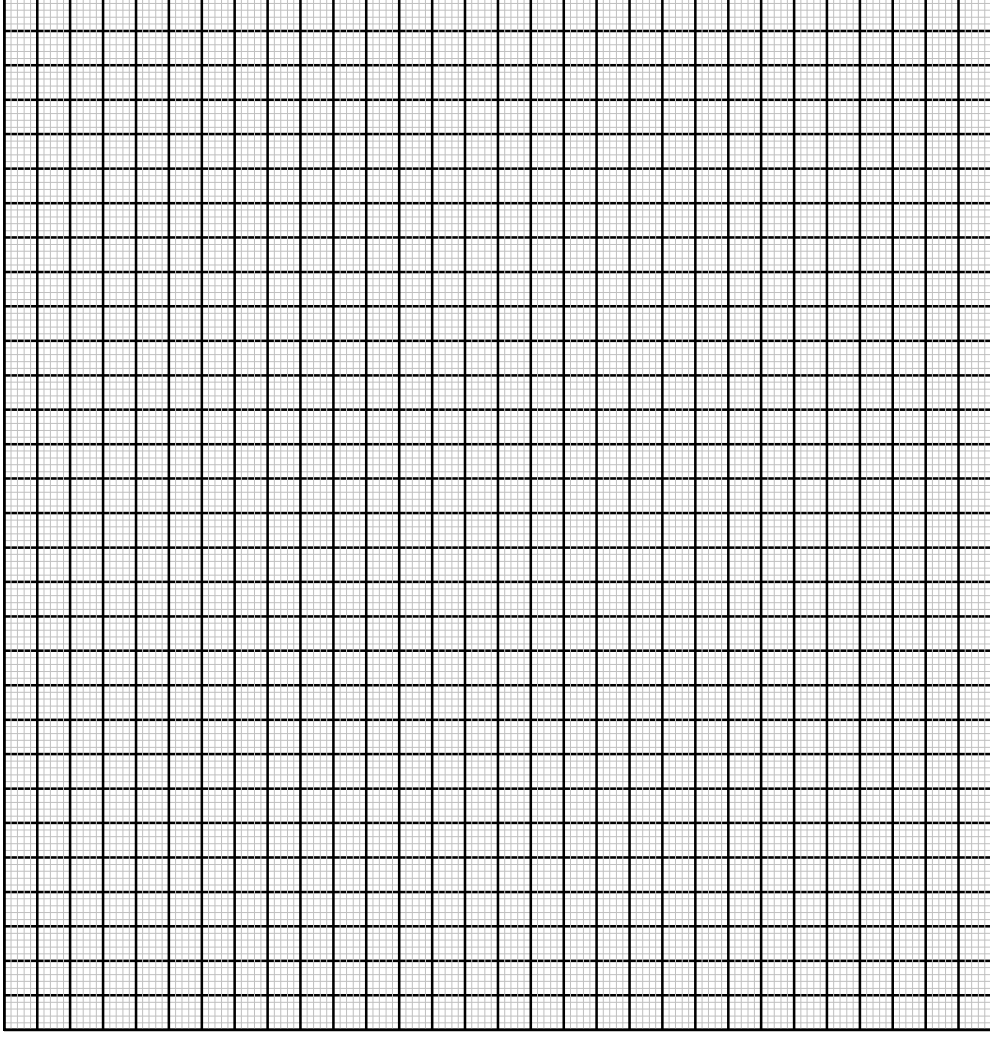
Çizelge 4.2.

F (N)			
a (m/s²)			

Grafikten bulduğunuz ivme değerlerinin biriminin cm/tak^2 , Çizelge 4.2.'deki ivme değerlerinin biriminin m/s^2 olduğuna dikkat edin.

Açıklama: Zaman kaydedici saniyede 50 vuruş yapmaktadır. Yani zaman kaydedicinin frekansı şehir cereyanının frekansına eşittir. Buna göre iki nokta arası $1/50$ s'dir.

Çizelge 4.2.'deki değerleri kullanarak kuvvet - ivme grafiğini çizin.



Grafik 4.2.

***S1:** Grafik nasıl çıktı? Orjinden geçer mi? Grafiğin eğimi size neyi verir?*

$$\text{Eğim} = \tan \alpha =$$

4.5. SONUÇ VE YORUM:

4.6. DENEY HATALARI:

4.7. SORULARIN CEVAPLARI VE HESAPLAMALAR:

DENEY 5

SERBEST DÜŞME HAREKETİ

5.1. DENEYİN AMACI:

Serbest düşme hareketini incelemek ve bu hareketi sağlayan “g” yerçekimi ivmesini bulmak.

5.2. KULLANILAN ARAÇ VE GEREÇLER:

Zaman kaydedici, telem şeridi, çeşitli kütleler, cetvel.

5.3. GEREKLİ TEORİK BİLGİ:

Herhangi bir yükseklikten serbest bırakılan bir cisim zamanla hızlanarak yere çarpar. Bu harekette cisme etki eden iki kuvvet vardır. Bu kuvvetlerden biri yer çekimi kuvveti, diğeri de havanın direnç kuvvetidir. Cismin ağır ve yüksekliğin küçük olduğu ortamlarda, havanın direnç kuvvetinin cismin hareketi üzerine yapacağı etki ihmal edilebilir. Bu durumda, cismin sadece yerçekimi kuvvetinin etkisi altında sabit bir kuvvetle ve sabit “g” ivmesiyle serbest düşme hareketi (ilk hızsız) yaptığı kabul edilir. Bu durumda yol ifadesi;

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

olur. İfadedeki diğr değerlerin ölçülmesiyle “g” hesaplanabilir.

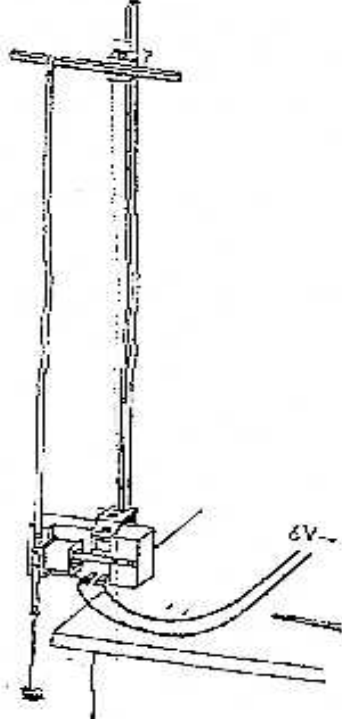
5.4. DENEYİN YAPILIŞI:

Zaman kaydedicisini Şekil 5.1.’deki gibi tutturun. Telem şeridinin bir ucunu destek çubuğuna bantlayın. Telem şeridinin diğr ucunu da zaman kaydediciden geçirerek ucunca kütle asın. Zaman kaydediciyi çalıştırdıktan sonra telem şeridinin üst ucunu makasla kesin. Telem şeridinin ucuna asılı kütle düşerken yapılan hareket şerit üzerine kaydedilir. Bu izlerden faydalanarak Çizelge 5.1.’i doldurun.

Çizelge 5.1.

t(tak)	m ₁		m ₂		m ₃	
	x(cm)	V(cm/tak)	x(cm)	V(cm/tak)	x(cm)	V(cm/tak)
0						
1						
2						

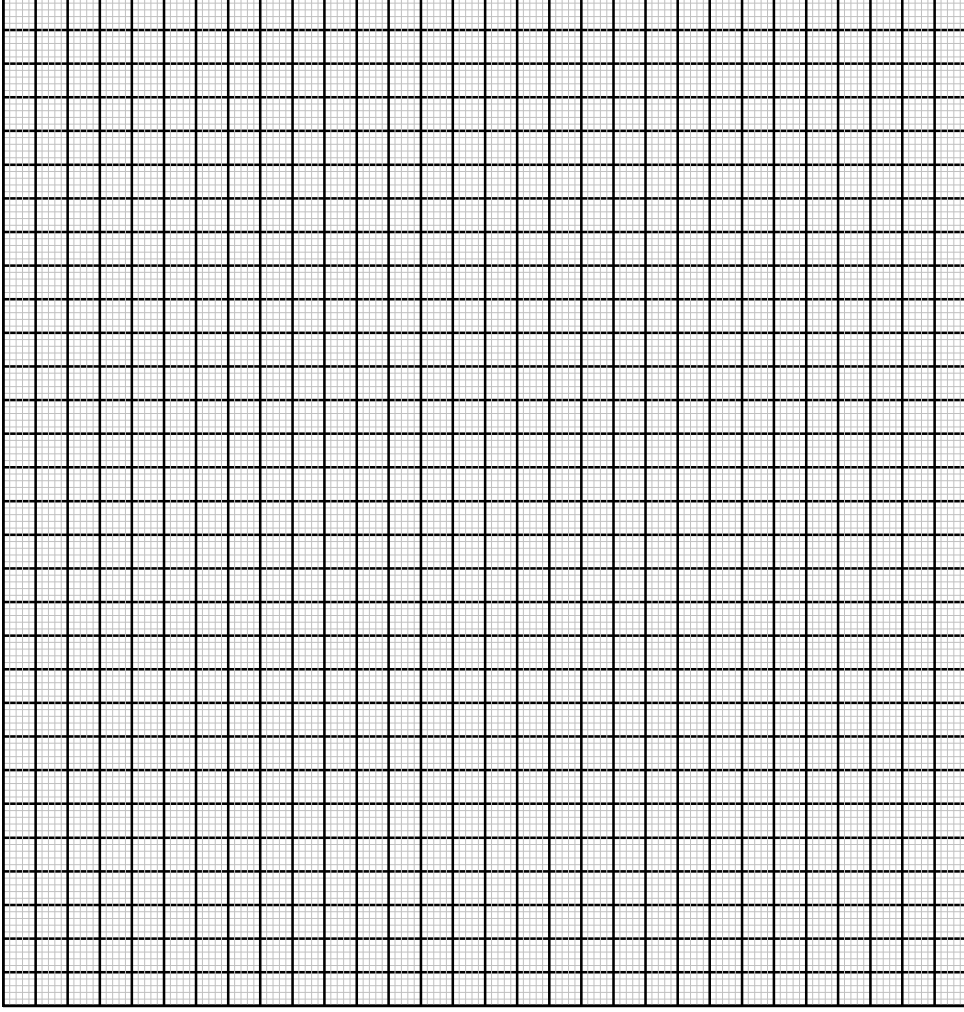
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						



Şekil 5.1.

Çizelge 5.1.'den faydalanarak Hız-Zaman grafiklerini çiziniz. Grafikteki doğruların eğiminden yerçekimi ivmesini bulunuz.

S1: Telem şeridi üzerinden formül yardımıyla yerçekimi ivmesini bulabilir misiniz? Bir örnekle gösteriniz.



Grafik 5.1.

5.5. SONUÇ VE YORUM:

5.6. DENEY HATALARI:

5.7. SORULARIN CEVAPLARI VE HESAPLAMALAR:

DENEY 6

MERKEZCİL KUVVET

6.1. DENEYİN AMACI:

Dairesel hareketin incelenmesi. Merkezci kuvvet kavramının öğrenilmesi. Dairesel yörüngede hareket eden bir cismin kütlesi, hızı ve yörünge yarıçapı ile merkezci kuvvet arasındaki matematiksel ifadenin bulunması.

6.2. DENEYDE KULLANILAN ARAÇ VE GEREÇLER :

Cam boru, naylon iplik, lastik tıplar, metal pullar, kısıkaç, kronometre, cetvel.

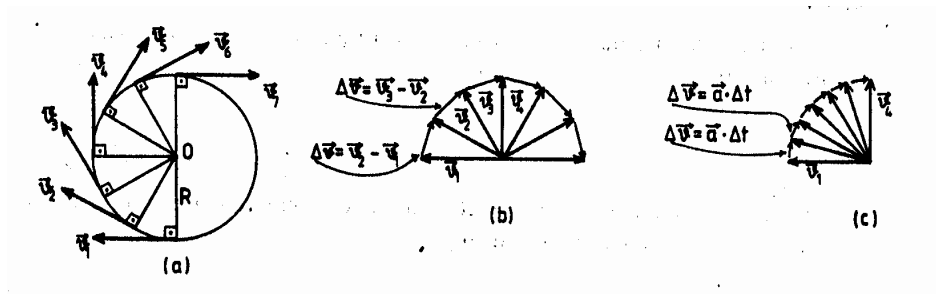
6.3. GEREKLİ TEORİK BİLGİLER:

Sabit bir kuvvet, büyüklüğü değişmeyen hız vektörüne sürekli ve dik olarak etki ederse, cisme, R yarıçaplı bir çember üzerinde düzgün dönme hareketi yaptırır. Böyle bir hareket düzgün dairesel harekettir.

Bir hareketlinin daire çevresi üzerinde bir dönme süresine periyot, saniyedeki dönme sayısına da frekans denir. Periyot T, frekans f sembolüyle gösterilir. Periyotla frekans arasında;

$$T \cdot f = 1$$

bağıntısı vardır.



Şekil 6.1.

Çember şeklinde bir yörüngede sabit hızla dönen bir cismin eşit zaman aralıklarıyla çizilmiş hız vektörleri Şekil 6.1.(a)'de görülmektedir. Bu hız vektörlerinin büyüklükleri eşit, yönleri ise farklıdır. Şekil 6.1.(b)'de görüldüğü gibi, hız vektörlerinin

başlangıçlarını ortak bir noktaya taşırsak, ardışık $\Delta \vec{v}$ hız değişim vektörlerinin eşit büyüklükte fakat farklı yönlerde olduğunu görürüz.

Burada $\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ dir. Δt süresindeki hız değişim vektörü $\Delta \vec{v}$ ise, ortalama ivme vektörü;

$$\vec{a}_{ort} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

olur. Şekil 6.1.(c)'de görüldüğü gibi çok kısa zaman aralıkları için $\Delta \vec{v}$ hız değişim vektörlerinin, dolayısıyla ani ivme vektörlerinin hız vektörlerine dik olduğunu söyleyebiliriz. Bu tür ivmeye merkezci ivme denir ve büyüklüğü;

$$a = \frac{v^2}{R} \quad \text{veya} \quad a = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

ile verilir. Merkezci ivme vektörel olarak;

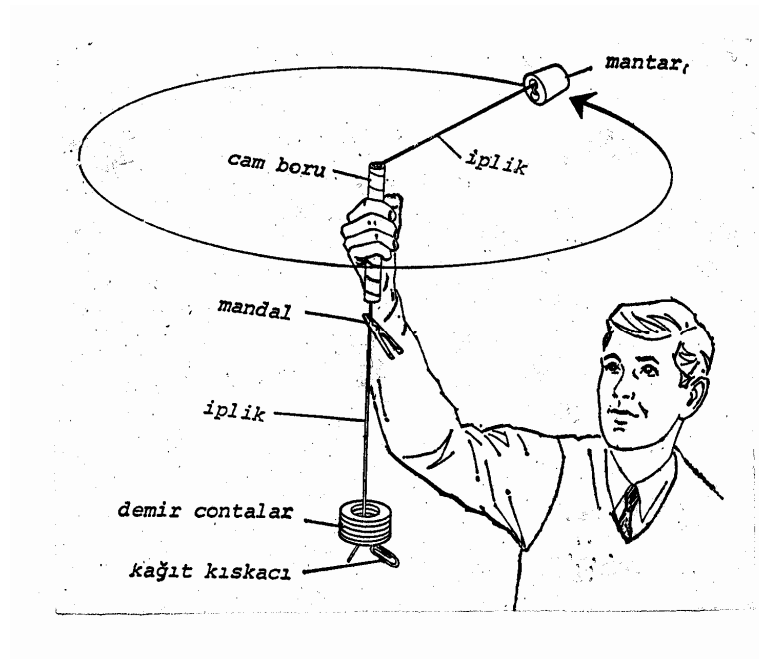
$$\vec{a} = -\frac{4\pi^2 \vec{R}}{T^2}$$

şeklinde yazılır. Buradaki (-) işareti $\vec{R}$ vektörüyle $\vec{a}$ vektörünün aynı doğrultulu ve ters yönlü olduğunu gösterir. Cisme bu ivmeyi kazandıran kuvvet, Newton'un II. kanununa göre $\vec{F} = m\vec{a}$ olduğundan;

$$\vec{F} = -\frac{m4\pi^2 \vec{R}}{T^2}$$

yazılır. Bu kuvvetin yönü, ivme ile aynı yönlü olup yörüngenin merkezine doğrudur. Bu kuvvete *merkezcil kuvvet* denir.

6.4. DENEYİN YAPILIŞI:



Şekil 6.2.

Şekil 6.2.'deki gibi cam borudan geçirdiğiniz ipin bir ucuna lastik tıpa diğer ucuna da birkaç demir pul takın. Cam boruyu başınızın üstünde ufak çaplı bir çember üzerinde döndürürseniz, lastik tıpa yatay bir çember üzerinde hareket eder. Pullara etkiyen yer çekimi kuvveti ip boyunca etkisini devam ettirerek, dönen lastik tıpayı çember üzerinde tutmaya yarayan yatay bir kuvvet meydana getirir. Bu yatay kuvvete merkezci kuvvet denir.

İpin alt ucuna lastik tıpanın uzaklaşmasına engel olması için önce bir pul takın. Borunun altından elinizle tutarken, öteki ile cam borudan tutarak lastik tıpayı başınızın üstünde döndürün. **S1:** Tıpanın dönme hızını arttırırsanız ipi yerinde tutmak için daha kuvvetle çekmek zorunda kalıyor musunuz? İpi bırakırsanız ne olur?

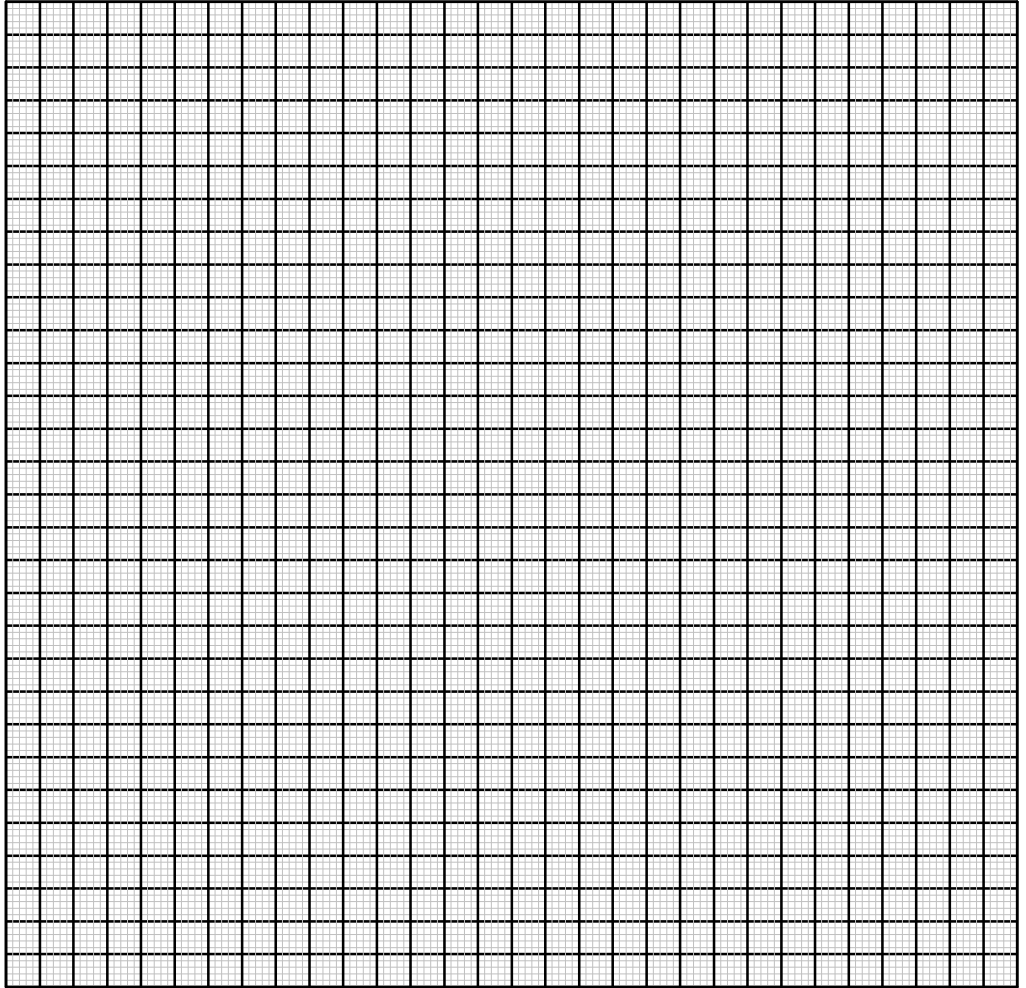
Şimdi merkezci kuvvetle, hız, kütle, yarıçap arasındaki bağılılığı nicel olarak bulmaya çalışalım. Önce kütle ve yarıçapı sabit tutarak kuvvetin hızla nasıl değiştiğini bulun. Bunun için Çizelge 6.1.'i hazırlayın.

Çizelge 6.1.

F (pul)	r = 40 cm	r = 60 cm	r = 80 cm	r = 100 cm
------------	-----------	-----------	-----------	------------

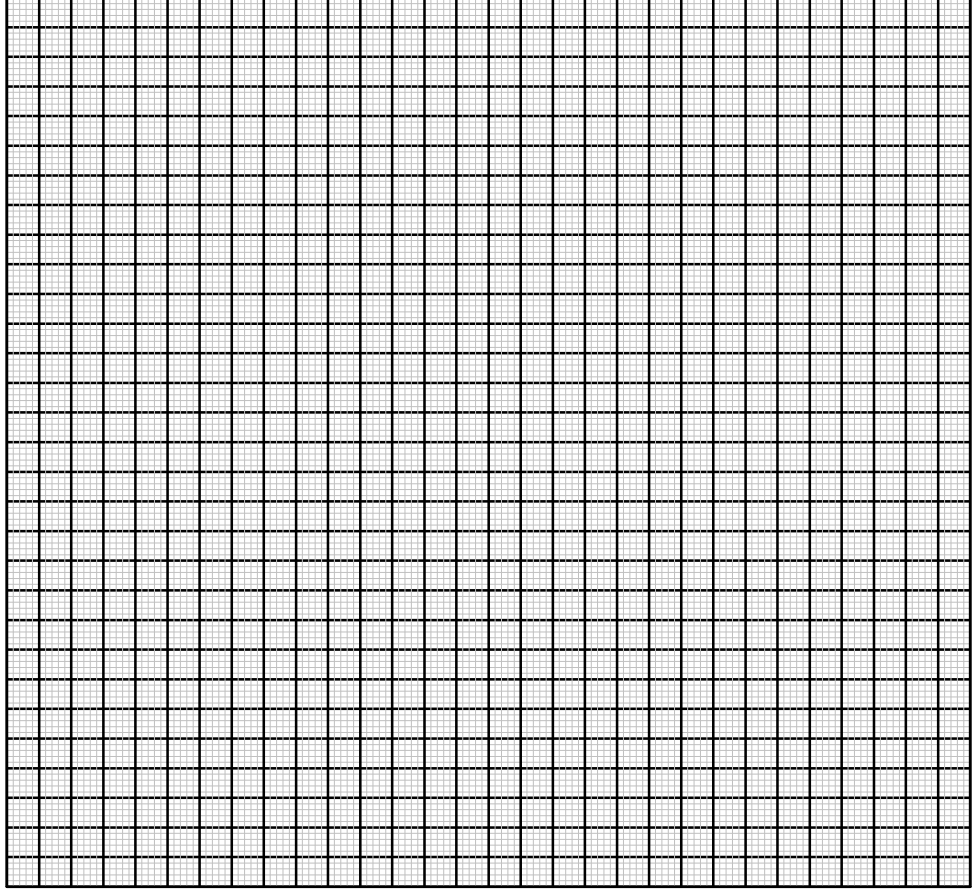
sayısı)	$f(\text{sn}^{-1})$	$f^2(\text{sn}^{-2})$	$f(\text{sn}^{-1})$	$f^2(\text{sn}^{-2})$	$f(\text{sn}^{-1})$	$f^2(\text{sn}^{-2})$	$f(\text{sn}^{-1})$	$f^2(\text{sn}^{-2})$
6								
9								
12								
15								
18								

Pulların sayısına bağılı olarak frekansın nasıl değiştiğini gösteren grafiği çiziniz.



Grafik 6.1.

S2: *Kuvvet frekansa nasıl bağlıdır?* Grafikte görüldüğü gibi F ile f arasında bir orantı yoktur. Pulların sayısına bağlı olarak f^2 grafiğini çiziniz.

**Grafik 6.2.**

S3: *Lastik tıpanın dönme hızını arttırdıkça ipi yerinde tutmak için daha çok bir kuvvetle çekmek zorunda kalıyor musunuz?*

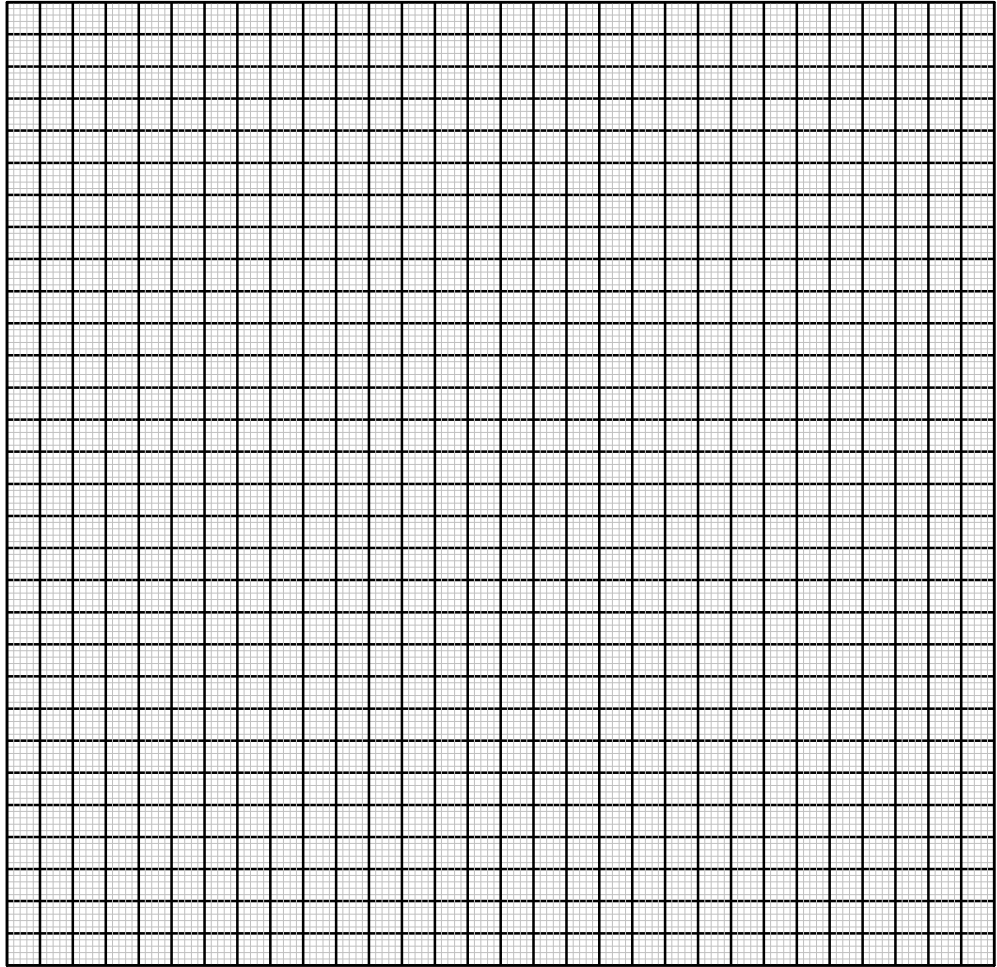
Frekans ile kütleyi sabit tutarak merkezci kuvvetin yarıçapa nasıl bağlı olduğunu deneyi araştırmak oldukça zordur. Bu yüzden f^2 -F grafiğinde, seçilen bir f^2 değerinden doğruları kesecek şekilde yatay bir doğru çizilir. Çizilen bu doğru üzerindeki yarıçap değerlerine karşılık gelen pul sayıları tesbit edilerek Çizelge 6.2. hazırlanır.

Çizelge 6.2.

F	r: yarıçap
---	------------

(pul sayısı)	(cm)
$F_1 =$	40
$F_2 =$	60
$F_3 =$	80
$F_4 =$	100

Çizelge 6.2.'deki verilerden faydalanarak R-F grafiğini çizin.



Grafik 6.3.

Kuvvetin kütleyle bağıllığını araştırmak için tıpa sayısını iki katına çıkarın. Herhangi bir yarıçap ve pul sayısı için frekansı ölçün. Bu frekansın karesinin tek tıpayla karşılık gelen

değerini grafikten bulun. Burada bulduğunuz pul sayısı ile iki tıpa için kullandığınız pul sayısını karşılaştırın.

Çizelge 6.3.

$M_2 = 2$ tıpa	$r = \dots\dots \text{cm}$	$f = \dots\dots \text{s}^{-1}$	$f^2 = \dots\dots \text{s}^{-2}$	$F_2 = \dots\dots$ pul
$M_1 = 1$ tıpa	$r = \dots\dots \text{cm}$	$f = \dots\dots \text{s}^{-1}$	$f^2 = \dots\dots \text{s}^{-2}$	$F_2 = \dots\dots$ pul

Deney sırasında tıpayı bağlı ipin tam yatay bir çember üzerinde dönmediğine dikkat edin. **S4:** Tıpayı yerçekimi kuvvetinin; pul sayısı ile ölçtüğümüz merkezci kuvvetle, tüpten tıpayı kadar olan ipin uzunluğu ve frekansı arasındaki bağılılığı niçin değiştimediğini söyleyebilir misiniz?

S5: Bir baskül üzerinde ayakta duran bir öğrenci, bir ipin ucuna bağladığı taşa başının üzerinde yatay düzlem içerisinde dairesel hareket yaptırırsa, baskülün göstergesinde bir değişiklik gözlenir mi?

S6: Bir ipin ucuna bağlı bir cisme düşey düzlemde dairesel hareket yaptırılsa yörüngenin değişik noktalarında cimin hızı farklı olacaktır. Bu durumda merkezci kuvvet için ne söylenebilir?

6.5. SONUÇ VE YORUM:

6.6. DENEY HATALARI:

6.7. SORULARIN CEVAPLARI VE HESAPLAMALAR:

EK-5

Kontrol ve Deney Grubu Öğrencilerinin Kavram Yanılgısı Puanları

No	Deney Grubu						Kontrol Grubu					
	Ön-Test			Son-Test			Ön-Test			Son-Test		
	KY1	KY2	KY3	KY1	KY2	KY3	KY1	KY2	KY3	KY1	KY2	KY3
1	17	16	12	14	12	12	17	12	10	9	7	6
2	18	18	13	8	6	6	15	12	10	7	7	7
3	14	13	8	6	5	3	17	11	7	16	12	7
4	19	17	3	7	6	2	17	16	13	19	14	12
5	16	16	6	7	5	3	15	14	12	10	9	7
6	10	10	4	8	8	7	11	11	8	3	3	2
7	16	16	15	9	9	9	18	18	13	13	13	11
8	17	15	11	16	12	11	20	20	13	15	15	10
9	21	21	5	7	3	1	18	18	7	10	6	5
10	15	15	16	5	4	4	14	11	4	6	3	2
11	6	5	4	2	1	0	20	11	7	15	11	4
12	16	15	15	6	6	6	11	10	6	10	9	6
13	16	16	12	4	4	1	15	12	11	15	13	4
14	13	13	4	2	2	2	20	14	13	12	7	7
15	16	15	8	4	3	3	19	16	14	18	17	16
16	20	12	4	16	8	8	16	14	9	15	10	7
17	18	17	17	10	5	5	14	9	6	6	5	0
18	20	17	11	0	0	0	14	13	12	13	9	9
19	17	17	11	5	5	3	16	14	13	14	14	11
20	13	8	7	6	5	4	18	17	10	17	17	6
21	19	18	3	5	4	2	13	12	10	7	5	5
22	17	15	11	6	2	2	15	11	6	6	5	5
23	5	5	3	1	1	0	19	18	13	8	6	3
24	21	19	18	6	3	3	22	19	8	11	10	7
25	15	15	11	14	12	10	13	12	7	9	7	5
26	21	20	7	11	10	6	21	20	9	14	14	8
27	20	19	8	13	10	10	16	14	6	10	7	1
28	21	21	16	10	9	8	17	15	9	15	9	5
29	13	11	4	5	1	1	18	15	9	17	15	5
30	19	18	11	12	10	8	18	11	6	14	12	6
31	13	12	2	1	0	0	11	6	3	8	6	4
32	21	19	7	6	3	3	19	17	8	9	7	4
33	21	18	10	5	5	2	11	10	9	4	3	3
34	12	8	1	11	8	4	14	8	8	13	8	3
35	15	11	4	3	2	2	20	18	14	12	12	7
36	15	15	3	10	7	4	14	12	12	10	9	9
37	17	17	7	6	1	1	18	15	3	16	13	4
38	12	7	6	4	4	1	19	17	10	15	13	7
39	8	8	7	5	5	3	21	19	15	18	17	16
40	17	14	8	10	9	7	13	10	7	12	11	6
41	18	16	4	1	1	0	14	8	3	10	8	3
42	11	9	8	3	2	2	10	10	5	6	5	4
43	12	10	7	3	2	2	22	21	15	12	11	7
44	16	16	13	8	8	8	21	18	12	19	17	11
45	12	12	9	4	4	2	19	18	18	12	10	8
46							17	15	4	10	8	5
47							20	12	11	22	10	7
48							19	18	9	14	9	7
Ort.	15,80	14,30	8,31	6,78	5,16	4,02	16,6	14,0	9,31	12,0	9,75	6,33

EK-6

Taksonomideki Boyutlara Göre Kontrol Grubu Öğrencilerinin Ön-Test ve Son Test-
Puanları

BOYUTLAR	KONTROL GRUBU																													
	ÖN-TEST															SON-TEST														
	KY1					KY2					KY3					KY1					KY2					KY3				
	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket, Diğ. Etk.	Yerçekimi	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket, Diğ. Etk.	Yerçekimi	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket, Diğ. Etk.	Yerçekimi	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket, Diğ. Etk.	Yerçekimi	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket, Diğ. Etk.	Yerçekimi	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket, Diğ. Etk.	Yerçekimi
1	0	6	4	3	4	0	4	3	2	3	0	4	2	2	2	0	4	4	1	0	0	3	3	1	0	0	2	3	1	0
2	2	2	7	0	4	2	1	6	0	3	2	1	5	0	2	1	2	3	0	1	1	2	3	0	1	1	2	3	0	1
3	0	7	8	1	1	0	6	5	0	0	0	4	3	0	0	0	5	6	3	2	0	3	4	3	2	0	2	1	2	2
4	0	7	7	1	2	0	7	6	1	2	0	6	5	0	2	0	6	9	3	1	0	4	7	2	1	0	3	6	2	1
5	0	5	5	2	3	0	4	5	2	3	0	3	4	2	3	0	4	4	0	2	0	3	4	0	2	0	3	3	0	1
6	0	4	5	1	1	0	4	5	1	1	0	3	3	1	1	0	2	1	0	0	0	2	1	0	0	0	1	1	0	0
7	2	10	3	1	2	2	10	3	1	2	0	8	2	1	2	1	4	6	1	1	1	4	6	1	1	0	4	5	1	1
8	0	6	9	2	3	0	6	9	2	3	0	6	3	1	3	0	10	3	2	0	0	10	3	2	0	0	8	1	1	0
9	0	9	5	3	1	0	9	5	3	1	0	4	3	0	0	1	3	4	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
10	0	3	7	0	4	0	1	7	0	3	0	1	3	0	0	1	3	2	0	0	0	1	2	0	0	0	1	1	0	0
11	0	11	5	2	2	0	7	2	1	1	0	4	1	1	1	0	6	5	2	2	0	4	4	1	2	0	3	0	0	1
12	0	5	4	0	2	0	5	4	0	1	0	3	3	0	0	0	6	4	0	0	0	5	4	0	0	0	3	3	0	0
13	1	8	3	0	3	1	6	2	0	3	1	5	2	0	3	0	9	3	2	1	0	7	3	2	1	0	4	0	0	0
14	2	9	4	1	4	1	5	4	1	3	1	5	4	0	3	2	6	1	0	3	1	4	0	0	2	1	4	0	0	2
15	1	7	8	0	3	0	6	7	0	3	0	5	7	0	2	2	7	7	0	2	2	7	6	0	2	1	7	6	0	2
16	0	6	8	1	1	0	5	8	0	1	0	4	5	0	0	1	9	4	0	1	0	7	3	0	0	0	4	3	0	0
17	0	6	6	0	2	0	4	3	0	2	0	2	3	0	1	0	4	2	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0
18	1	7	5	0	1	1	7	4	0	1	1	7	3	0	1	0	8	5	0	0	0	4	5	0	0	0	4	5	0	0
19	1	11	4	0	0	0	10	4	0	0	0	9	4	0	0	0	5	4	3	2	0	5	4	3	2	0	4	3	2	2
20	1	9	7	0	1	1	8	7	0	1	1	5	4	0	0	2	10	4	0	1	2	10	4	0	1	0	5	1	0	0
21	0	3	6	2	2	0	3	5	2	2	0	3	3	2	2	0	1	4	2	0	0	1	3	1	0	0	1	3	1	0
22	1	6	5	0	3	1	5	4	0	1	1	3	2	0	0	1	2	2	0	1	0	2	2	0	1	0	2	2	0	1
23	1	10	6	0	2	1	10	6	0	1	1	7	4	0	1	1	5	2	0	0	1	3	2	0	0	1	1	1	0	0
24	2	10	7	2	1	2	9	5	2	1	1	6	1	0	0	0	8	2	0	1	0	7	2	0	1	0	5	1	0	1

BOYUTLAR	KONTROL GRUBU																													
	ÖN-TEST															SON-TEST														
	KY1					KY2					KY3					KY1					KY2					KY3				
	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket, Diğ. Etk.	Yerçekimi	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket, Diğ. Etk.	Yerçekimi	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket, Diğ. Etk.	Yerçekimi	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket, Diğ. Etk.	Yerçekimi	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket, Diğ. Etk.	Yerçekimi	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket, Diğ. Etk.	Yerçekimi
25	1	7	3	1	1	7	3	1	0	1	3	2	1	0	0	5	3	0	1	0	4	2	0	1	0	2	2	0	1	
26	2	9	7	2	1	2	9	6	2	1	2	5	1	1	0	1	7	4	0	2	1	7	4	0	2	0	6	2	0	0
27	0	10	4	0	2	0	9	4	0	1	0	5	1	0	0	0	7	2	0	1	0	5	1	0	1	0	1	0	0	0
28	1	8	5	0	3	1	8	4	0	2	1	4	2	0	2	1	10	2	2	0	0	6	1	2	0	0	3	1	1	0
29	2	10	2	1	3	2	9	2	1	1	2	5	1	0	1	1	6	5	2	3	1	5	5	2	2	1	2	1	1	0
30	0	8	6	0	4	0	4	5	0	2	0	3	3	0	0	2	6	5	0	1	2	4	5	0	1	2	1	3	0	0
31	2	3	4	1	1	1	1	3	0	1	0	1	2	0	0	1	6	0	0	1	0	5	0	0	1	0	3	0	0	1
32	1	9	6	1	2	1	8	5	1	2	1	3	2	0	2	0	4	4	0	1	0	3	3	0	1	0	1	2	0	1
33	1	6	2	1	1	1	5	2	1	1	1	5	2	0	1	0	0	3	0	1	0	0	2	0	1	0	0	2	0	1
34	0	7	3	2	2	0	5	2	0	1	0	5	2	0	1	0	6	5	2	0	0	4	3	1	0	0	1	2	0	0
35	1	10	5	2	2	1	9	4	2	2	1	5	3	3	2	1	3	7	1	0	1	3	7	1	0	1	3	2	1	0
36	1	9	2	0	2	1	7	2	0	2	1	7	2	0	2	1	5	3	0	1	1	5	3	0	0	1	5	3	0	0
37	1	10	4	2	1	1	9	3	1	1	0	2	0	0	1	1	10	4	0	1	1	7	4	0	1	1	1	1	0	1
38	1	9	6	1	2	1	9	5	1	1	0	6	3	1	0	1	6	5	1	2	1	4	5	1	2	0	2	3	0	2
39	1	8	6	3	3	1	7	6	3	2	1	7	4	2	1	1	8	5	3	1	1	8	4	3	1	1	7	4	3	1
40	0	5	3	4	1	0	3	2	4	1	0	1	2	3	1	0	5	4	0	3	0	5	3	0	3	0	3	2	0	1
41	0	5	6	2	1	0	3	3	1	1	0	2	1	0	0	0	5	4	0	1	0	5	3	0	0	0	3	0	0	0
42	0	5	3	2	0	0	5	3	2	0	0	2	2	1	0	0	3	1	1	1	0	3	1	0	1	0	3	1	0	0
43	1	10	7	2	2	1	9	7	2	2	1	6	4	2	2	0	5	4	1	2	0	5	3	1	2	0	4	2	0	1
44	2	10	7	0	2	2	9	5	0	2	0	8	2	0	2	1	11	5	0	2	1	10	4	0	2	0	6	3	0	2
45	0	12	4	2	1	0	11	4	2	1	0	11	4	2	1	0	7	3	1	1	0	5	3	1	1	0	4	2	1	1
46	1	8	5	2	1	1	7	4	2	1	0	1	2	1	0	0	7	3	0	0	0	5	3	0	0	0	4	1	0	0
47	1	8	7	2	2	1	6	4	0	1	1	6	4	0	0	2	8	8	2	2	1	3	4	0	2	1	1	4	0	1
48	1	10	2	2	4	1	9	2	2	4	1	5	0	0	3	0	6	3	2	3	0	4	3	1	1	0	4	2	1	0

BOYUTLAR	DENEY GRUBU																													
	ÖN-TEST															SON-TEST														
	KY1					KY2					KY3					KY1					KY2					KY3				
	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket, Diğ. Etk.	Yerçekimi	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket, Diğ. Etk.	Yerçekimi	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket, Diğ. Etk.	Yerçekimi	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket, Diğ. Etk.	Yerçekimi	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket, Diğ. Etk.	Yerçekimi	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket, Diğ. Etk.	Yerçekimi
1	0	7	6	1	3	0	7	5	1	3	0	6	4	0	2	1	6	4	2	1	0	5	4	2	1	0	5	4	2	1
2	0	6	6	4	2	0	6	6	4	2	0	6	3	2	2	1	4	3	0	0	1	3	2	0	0	1	3	2	0	0
3	0	6	4	1	3	0	5	4	1	3	0	3	3	1	1	0	1	3	2	0	0	1	2	2	0	0	1	1	1	0
4	1	11	4	0	3	1	9	4	0	3	0	1	1	0	1	1	2	2	0	2	1	1	2	0	2	1	0	0	0	1
5	2	5	5	2	2	2	5	5	2	2	0	3	1	1	1	0	3	4	0	0	0	1	4	0	0	0	1	2	0	0
6	0	2	4	2	2	0	2	4	2	2	0	2	1	1	0	2	2	3	0	1	2	2	3	0	1	2	2	3	0	0
7	0	6	5	1	4	0	6	5	1	4	0	6	4	1	4	0	4	3	1	1	0	4	3	1	1	0	4	3	1	1
8	1	6	7	0	3	1	6	5	0	3	1	4	4	0	2	1	4	6	2	3	1	2	5	2	2	1	2	4	2	2
9	1	11	4	3	2	1	11	4	3	2	1	1	1	1	1	1	4	2	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0
10	1	5	6	0	3	1	5	6	0	3	1	5	6	1	3	1	2	2	0	0	1	1	2	0	0	1	1	2	0	0
11	1	2	3	0	0	0	2	3	0	0	0	1	3	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	7	6	1	2	0	7	5	1	2	0	7	5	1	2	0	4	2	0	0	0	4	2	0	0	0	4	2	0	0
13	1	10	3	0	2	1	10	3	0	2	1	7	2	0	2	0	1	2	0	1	0	1	2	0	1	0	0	1	0	0
14	0	7	3	0	3	0	7	3	0	3	0	3	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0
15	1	6	6	1	2	1	6	5	1	2	1	4	2	0	1	0	0	3	0	1	0	0	2	0	1	0	0	2	0	1
16	1	10	5	1	3	0	5	4	1	2	0	1	3	0	0	1	8	3	1	3	0	6	1	0	1	0	6	1	0	1
17	2	8	5	1	2	2	7	5	1	2	2	7	5	1	2	0	6	2	0	2	0	1	2	0	2	0	1	2	0	2
18	0	7	7	4	2	0	4	7	4	2	0	4	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	6	7	3	1	0	6	7	3	1	0	4	4	2	1	0	2	3	0	0	0	2	3	0	0	0	0	3	0	0
20	1	5	4	0	3	1	2	3	0	2	1	2	3	0	1	0	1	3	1	1	0	0	3	1	1	0	0	3	1	0
21	2	7	7	2	1	2	6	7	2	1	1	1	0	0	1	2	0	2	0	1	1	0	2	0	1	1	0	0	0	1
22	0	9	6	0	2	0	8	5	0	2	0	6	4	1	0	0	3	1	0	2	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1
23	0	1	1	0	3	0	1	1	0	3	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1	10	4	2	4	1	10	3	1	4	0	10	2	2	4	0	1	1	1	3	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1

BOYUTLAR	DENEY GRUBU																													
	ÖN-TEST															SON-TEST														
	KY1					KY2					KY3					KY1					KY2					KY3				
	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket. Dig. Etk.	Yerçekimi	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket. Dig. Etk.	Yerçekimi	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket. Dig. Etk.	Yerçekimi	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket. Dig. Etk.	Yerçekimi	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket. Dig. Etk.	Yerçekimi	Kinematik	Saklı kuvvet	Aktif Kuvvet	Hareket. Dig. Etk.	Yerçekimi
25	1	6	4	2	2	1	6	4	2	2	1	5	3	1	1	1	3	6	3	1	1	2	6	2	1	1	2	5	1	1
26	1	8	9	1	2	1	8	9	1	1	0	3	4	0	0	1	3	6	1	0	0	3	6	1	0	0	3	3	0	0
27	1	10	7	1	1	1	9	7	1	1	0	4	3	1	0	0	5	7	0	1	0	4	5	0	1	0	4	4	1	1
28	1	11	5	1	3	1	11	5	1	3	1	9	3	1	2	1	3	5	1	0	1	2	5	1	0	1	1	5	1	0
29	0	5	4	1	3	0	4	3	1	3	0	0	1	0	3	0	3	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
30	0	9	3	3	4	0	9	3	3	3	0	5	2	1	3	0	6	3	2	1	0	5	3	2	0	0	4	2	2	0
31	0	3	7	3	0	0	3	6	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	10	5	2	4	0	10	4	2	3	0	4	1	0	2	0	2	2	1	1	0	0	2	1	0	0	0	2	1	0
33	1	11	6	1	2	0	11	4	1	2	0	7	2	1	0	0	1	4	0	0	0	1	4	0	0	0	1	1	0	0
34	1	6	4	0	1	0	3	4	0	1	0	0	1	0	0	2	4	4	0	1	2	2	3	0	1	2	1	1	0	0
35	0	7	7	0	1	0	6	4	0	1	0	4	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0
36	1	8	4	1	1	1	8	4	1	1	0	2	0	0	1	0	5	4	0	1	0	2	4	0	1	0	1	2	0	1
37	0	8	4	1	4	0	8	4	1	4	0	4	0	1	2	0	1	1	1	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
38	2	4	2	2	2	2	2	0	2	1	2	1	0	2	1	0	0	2	0	2	0	0	2	0	2	0	0	0	0	1
39	0	6	1	0	1	0	6	1	0	1	0	5	1	0	1	0	1	3	1	0	0	1	3	1	0	0	1	2	0	0
40	0	8	5	0	4	0	6	5	0	3	0	3	2	0	3	0	3	6	0	1	0	2	6	0	1	0	2	4	0	1
41	1	6	6	2	3	1	5	5	2	3	0	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
42	2	4	5	0	0	2	4	3	0	0	1	4	2	1	0	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0
43	0	5	5	0	2	0	5	4	0	1	0	4	3	0	0	0	0	2	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1
44	1	7	4	2	2	1	7	4	2	2	1	6	3	2	1	1	3	3	0	1	1	3	3	0	1	1	3	3	0	1
45	0	3	7	1	1	0	3	7	1	1	0	3	4	1	1	0	1	3	0	0	0	1	3	0	0	0	1	1	0	0

Kontrol ve Denei Grubundaki Öğrencilerin Yanlış Pozitif ve Yanlış Negatif Cevaplarına İlişkin Tablo

Kontrol Grubu-Ön Test

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	top	ort
Eminim	doğru-doğru	18	5	4	1	4	6	5	9	4	0	0	15	16	7	5	0	11	1	16	0	9	21	5	3	165	0,14
	doğru-yanlış	2	0	3	3	4	5	3	7	0	1	2	7	1	2	2	2	7	0	2	1	3	2	8	10	77	0,07
	yanlış-doğru	2	0	2	0	1	1	0	0	0	3	0	1	0	0	3	2	0	0	0	0	7	1	1	0	24	0,02
	yanlış-yanlış	16	23	25	30	21	15	28	19	31	34	27	12	19	21	22	23	7	29	17	44	13	10	13	10	509	0,44
Emin değilim	doğru-doğru	4	2	3	0	2	2	2	1	0	0	0	5	1	1	3	2	7	1	7	0	6	6	1	1	57	0,05
	doğru-yanlış	0	2	0	1	2	2	4	2	0	0	0	4	0	1	1	0	4	0	0	0	0	3	8	12	46	0,04
	yanlış-doğru	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	9	0,01
	yanlış-yanlış	6	16	8	13	14	17	6	10	13	9	19	4	11	14	12	19	12	17	6	3	7	5	12	12	265	0,23

Kontrol Grubu-Son Test

Eminim	doğru-doğru	15	10	17	9	21	14	6	17	9	12	4	27	27	9	15	7	29	8	27	6	25	32	8	7	361	0,31
	doğru-yanlış	12	5	7	0	3	0	1	3	0	0	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	1	1	4	6	48	0,04
	yanlış-doğru	0	1	0	0	1	0	0	1	0	11	4	1	4	3	0	1	1	1	2	3	0	0	0	1	35	0,03
	yanlış-yanlış	14	15	17	18	14	9	21	12	23	17	20	10	9	14	12	19	4	19	8	32	9	9	15	13	353	0,31
Emin değilim	doğru-doğru	0	3	2	5	3	13	4	5	3	0	5	3	2	9	7	7	8	3	6	2	7	3	6	7	113	0,10
	doğru-yanlış	1	6	2	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	6	8	30	0,03
	yanlış-doğru	0	0	0	1	2	0	0	0	2	0	2	1	0	0	0	3	0	2	0	0	1	0	1	0	15	0,01
	yanlış-yanlış	6	8	3	15	3	10	16	9	11	8	13	5	6	13	8	11	6	15	5	5	4	3	8	6	197	0,17

Deney Grubu-Ön Test

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	top	ort
Eminim	doğru-doğru	7	4	4	1	2	2	3	10	3	0	1	20	13	3	5	0	6	4	13	1	14	18	0	0	134	0,12
	doğru-yanlış	1	0	0	1	7	9	7	3	0	0	0	1	0	1	2	0	5	1	1	0	1	3	5	5	53	0,05
	yanlış-doğru	0	0	2	0	0	0	0	0	0	5	2	2	1	0	2	0	1	0	0	2	4	0	0	0	21	0,02
	yanlış-yanlış	19	13	27	21	15	18	19	18	22	30	19	9	14	18	13	21	6	17	14	33	11	11	10	9	407	0,38
Emin değilim	doğru-doğru	6	4	0	1	2	1	0	5	1	0	2	9	6	7	8	6	15	2	8	0	5	10	0	0	98	0,09
	doğru-yanlış	2	3	0	1	4	2	6	0	1	0	0	0	0	4	1	2	4	1	0	0	0	0	11	13	55	0,05
	yanlış-doğru	0	0	4	1	0	0	1	0	0	2	0	1	0	0	3	0	0	0	1	0	1	1	0	0	15	0,01
	yanlış-yanlış	10	21	8	19	15	13	9	9	18	8	21	3	11	12	11	16	8	20	8	9	9	2	19	18	297	0,28

Deney Grubu-Son Test

Eminim	doğru-doğru	40	15	25	14	34	39	22	33	14	26	10	28	32	10	23	18	32	10	18	27	34	40	15	12	571	0,53
	doğru-yanlış	1	1	0	0	4	1	6	1	0	0	0	0	0	1	0	1	3	2	0	0	0	0	9	12	42	0,04
	yanlış-doğru	0	3	1	0	1	0	0	0	1	5	1	1	0	3	0	4	1	4	5	3	0	0	0	0	33	0,03
	yanlış-yanlış	1	13	13	16	3	4	10	5	24	9	18	7	11	21	13	10	1	15	10	11	5	3	9	9	241	0,22
Emin değilim	doğru-doğru	3	6	4	2	2	1	5	5	2	5	8	9	1	3	7	5	7	4	5	3	5	2	5	6	105	0,10
	doğru-yanlış	0	0	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	9	0,01
	yanlış-doğru	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1	0	0	0	1	10	0,01
	yanlış-yanlış	0	6	2	11	1	0	0	1	3	0	8	0	1	7	2	6	0	9	4	0	1	0	4	3	69	0,06